

# Gestión, Desarrollo e Industrialización de Cajones Frigoríficos



Grado en Ingeniería Mecánica

## Trabajo Fin de Grado

Joseba Vizcay Larrea

José Vicente Valdenebro García

Pamplona, 27 de Junio de 2016





## **Resumen**

El Trabajo Fin de Grado que se muestra a continuación tratará de mostrar las labores de un Project Manager en una pequeña empresa en un determinado proyecto. El proyecto en el que se enmarca este documento se denomina internamente BSH 2016. Dichas labores irían desde la comprobación de factibilidad de pieza hasta la homologación final de la pieza al cliente, pasando por el diseño del proceso productivo, diseño de los puestos de trabajo o el desarrollo de los controles de proceso.

El alumno se ha insertado en la fase del proyecto en la que se encontró y muestra claramente cuál ha sido la labor realizada en el departamento de ingeniería de la empresa. Se muestra, primeramente, la labor realizada anteriormente por el departamento para situar el proyecto. Posteriormente se detalla el seguimiento realizado al proyecto diferenciando el proceso por cada uno de los moldes: incidencias, retrasos, confirmaciones, alteraciones de plano... Tras ello, se han realizado unos estudios de llenado para comprobar que los realizados por los moldistas encargados de fabricar los moldes son correctos. También se ha ideado un nuevo layout de fábrica para este nuevo proyecto y con él el diseño del proceso productivo, incluyendo los puestos de trabajo y los controles de proceso. Todo ello acompañado de la correspondiente documentación que se debe realizar en el departamento de ingeniería.

Este documento no tiene únicamente el objetivo de exponer un trabajo realizado por el alumno, sino que también tiene como objetivo tener un cierto carácter didáctico en la medida en que muestra el ciclo de vida de un proyecto y sus distintas fases, junto con los recursos y medios utilizados.

**PALABRAS CLAVE:** Termoplástico, molde, layout, project manager, puesto de trabajo.







## ÍNDICE

## PÁGINA

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1. Antecedentes	9
1.2. Objetivos	9
1.3. La empresa: Plásticos Brello S.A.	10
<b>2. MATERIALES PLÁSTICOS</b>	<b>13</b>
2.1. Clasificación de los termoplásticos	14
2.1.1. Elastómeros	14
2.1.2. Termoestables	16
2.1.3. Termoplásticos	17
2.2. Características de los termoplásticos	21
2.2.1. Cristalinidad	22
2.2.2. Contracción	22
2.2.3. Viscosidad y fluidez	23
2.2.4. Absorción de humedad	23
2.3. Obtención de materiales plásticos	23
2.4. Reciclaje del plástico	23
<b>3. MÁQUINAS DE INYECCIÓN</b>	<b>25</b>
3.1. Componentes de una máquina inyectora	25
3.1.1. Unidad inyectora	26
3.1.2. Unidad de cierre	29
3.2. Tipos de máquinas inyectoras	31
3.2.1. Máquinas de inyección con pistón	31
3.2.2. Máquinas con sistema de preplastificación	31
3.2.3. Máquinas de inyección con tornillo alternativo	33
3.2.4. Máquinas para inyección multicolor	34
3.2.5. Máquinas giratorias	34
3.2.6. Máquinas para la inyección de espumas rígidas	35
3.2.7. Máquinas de coinyección	36
3.2.8. Máquinas de moldeo por inyección reactiva	36
3.2.9. Máquinas con diferente posición en sus unidades	37
3.3. Características principales de una máquina	39
3.3.1. Capacidad de cierre	39
3.3.2. Dimensiones del molde	41



3.3.3. Recorrido de apertura del molde	42
3.3.4. Capacidad de inyección	42
3.3.5. Presión de inyección	43
3.3.6. Capacidad de plastificación	44
3.3.7. Velocidad de inyección	44
3.4. Máquinas de inyección de tornillo alternativo	45
3.4.1. Accionamiento del tornillo	45
3.4.2. Función del tornillo	45
3.4.3. Presión del tornillo	46
<b>4. MOLDES</b>	<b>51</b>
4.1. Elementos básicos del molde de inyección	51
4.1.1. Platos principales del molde	51
4.1.2. Paralelos o espaciadores	51
4.1.3. Bebedero	51
4.1.4. Pozos fríos y uñas de retención	52
4.1.5. Canales de alimentación	52
4.1.6. Entradas a las cavidades	52
4.1.7. Respiraderos, salidas de gases	52
4.1.8. Mecanismos de extracción o expulsión	53
4.2. Datos constructivos del molde	53
4.3. Clasificación de moldes de inyección	54
4.4. Control de temperatura en los moldes de inyección	54
4.5. Superficie frontal de la pieza	55
<b>5. PROCESO DE INYECCIÓN</b>	<b>57</b>
5.1. Tiempo de inyección	58
5.2. Tiempo de presión de sostenimiento	59
5.3. Tiempo de plastificación	59
5.4. Tiempo de solidificación o enfriamiento	59
<b>6. PROYECTO BSH 2016</b>	<b>63</b>
6.1. Fases del proyecto	63
6.2. Situación	66



<b>7. OFERTAS</b>	67
7.1. Análisis de horas de máquina	67
7.2. 1ª Escenario	68
7.3. 2ª Escenario	70
7.4. 3ª Escenario	71
<b>8. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PIEZA</b>	75
8.1. Análisis de factibilidad	75
8.2. Análisis de contrasalidas	77
<b>9. OFERTA DE MOLDE - MANUAL DE CARGAS</b>	81
<b>10. SEGUIMIENTO DE PLANNING DE MOLDE</b>	89
10.1. Situación a llegada	89
10.1.1. Crisper Drawer Body Entry V600 M1363	89
10.1.2. Hydrofresh Drawer Body Value Light 600	90
10.1.3. Hydrofresh Drawer 600 AV	91
10.1.4. Hydrofresh Drawer Front AV 2238	92
10.1.5. Crisper Drawer Front Entry V600 2246	92
10.1.6. Freezer Drawer 600 Frontal 2237	93
10.1.7. Full Open Box 600 2245	93
10.1.8. Hydrofresh Drawer Front Value 2239	94
10.1.9. Middle Freezer Drawer Body 600	94
10.1.10. Upper Freezer Drawer Body 600	94
10.1.11. Lower Freezer 2236	95
10.2. Seguimiento realizado	96
10.2.1. Crisper Drawer Body Entry V600 M1363	96
10.2.2. Hydrofresh Drawer Body Value Light 600	97
10.2.3. Hydrofresh Drawer 600 AV	98
10.2.4. Hydrofresh Drawer Front AV 2238	100
10.2.5. Crisper Drawer Front Entry V600 2246	104
10.2.6. Freezer Drawer 600 Frontal 2237	105
10.2.7. Full Open Box 600 2245	108
10.2.8. Hydrofresh Drawer Front Value 2239	109
10.2.9. Middle Freezer Drawer Body 600	112
10.2.10. Upper Freezer Drawer Body 600	118
10.2.11. Lower Freezer 2236	121



<b>11. REALIZACIÓN DE SIMULACIONES</b>	123
11.1. Cajón Lower Freezer	124
11.2. Conclusiones generales	162
<b>12. DISEÑO DE PROCESO PRODUCTIVO</b>	165
12.1. Diseño del nuevo Lay-out de planta	165
12.1.1. Máquinas	165
12.1.2. Servicios	169
12.2. Diseño del sistema logístico	169
12.3. Diseño del nuevo lay-out de almacén para proyecto	175
12.4. Diseño del puesto de montaje	178
<b>13. DOCUMENTOS DE INGENIERÍA</b>	181
12.1. Flow chart	181
12.2. Plan de control	189
12.3. AMFE	199
12.4. QP's Log Book	213
12.5. Layout puesto de montaje y 5S	215
<b>14. DISEÑO DE CONTROLES DE PROCESO</b>	219
14.1. Bases	219
14.2. Frontales	223
14.3. Conjuntos	227
14.4. Envíos y trazabilidad	229
<b>15. RESUMEN Y CONCLUSIONES FINALES</b>	231
<b>16. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	233
<b>17. BIBLIOGRAFÍA</b>	237
<b>18. PLANOS</b>	239



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

Se enmarca este proyecto dentro del programa de prácticas ofertado por la Universidad Pública de Navarra, con objeto de definir y exponer las labores a realizar por un Project Manager en una empresa del sector de la inyección de Plásticos, concretamente en Plásticos Brello S.A. , situada en el polígono Areta, C/Badostain, Huarte-Pamplona. Esta planta se dedica a la fabricación de piezas inyectadas de termoplásticos, y para ello disponen de una factoría con 15 máquinas inyectoras que van desde las 100 Tn hasta las 1400 Tn de la más grande. En su haber tiene también una planta en la localidad navarra de Peralta, en la que el tonelaje de las máquinas es menor, y por ende el tamaño de las piezas y moldes.

### **1.2 Objetivos**

El objetivo de este proyecto es describir y exponer la labor llevada a cabo por el alumno Joseba Vizcay Larrea en la empresa Plásticos Brello S.A. como integrante del Departamento de Ingeniería. Para ello se incorporará a un grupo de trabajo que gestiona varios proyectos paralelamente. El hecho de exponer la labor realizada por una persona en un puesto de trabajo conlleva que el Trabajo Fin de Grado tenga un carácter no solamente expositivo y descriptivo sino incluso didáctico, en la medida que expone y refleja las diferentes labores que se llevan a cabo en una empresa, siendo ésta la mejor manera de llegar a comprender el funcionamiento de una de ellas.

Dado que no se desarrolla un único proyecto en la empresa, se centrará la labor del alumno en un único proyecto, llamado BSH 2016. Para ello se detallará el estado del proyecto en el instante que el alumno se incorpora a la empresa. El autor de este documento se integra en la empresa Plásticos Brello con el propósito de llevar a cabo inicialmente la labor de un Project Manager, coordinando distintos departamentos y labores para conseguir que el proyecto llegue a buen puerto.

Como se verá más adelante, no solo se realizará dicha labor que tiene como objetivo prioritario coordinar a los distintos integrantes del equipo de trabajo sino que se llevarán a cabo labores relacionadas con el área de desarrollo, documentación e incluso calidad. Se apoyará al departamento de Ingeniería analizando la labor llevada a cabo por el departamento, observando las oportunidades de mejora y llevándolas a cabo. En resumidas cuentas, aportando algo a la empresa.

Más adelante se definirán las fases y tiempos que comprende un proyecto para esta empresa, lo que se puede englobar en el ciclo de vida de un proyecto.

Caber reseñar que la duración total de un proyecto desde el inicio hasta su fabricación en serie en el mercado de la inyección de plásticos es muy superior al periodo que el alumno va a permanecer en la empresa, por lo que no podrá abarcar todas y cada una de las tareas a realizar durante el mismo.

En una primera toma de contacto se analizarán los componentes más importantes de este mercado, que no es más que lo fundamental en la fabricación de los plásticos inyectados: materiales, técnicas, maquinaria, proceso y análisis de las distintas fases del ciclo de vida de un proyecto.

Tras desarrollar y comprender los conceptos fundamentales se procederá a exponer la labor realizada por el alumno en la empresa, la cual será: realizar el seguimiento de los moldes del proyecto asignado, realizar estudios de llenado para certificar que los llevados a cabo por los moldistas son correctos y que no contemplan mejoras, realizar la documentación pertinente, realizar el diseño del proceso productivo desde el layout de planta hasta el tema logístico pasando por el diseño del puesto de montaje y finalmente el diseño de los controles del proceso productivo. Complementariamente a la labor inicialmente pensada, se llevarán a cabo trabajos de compras, propuesta de embalajes y demás.

Como punto final se quiere reseñar el abstractismo de este proyecto en cuanto a forma se refiere en comparación con un proyecto habitual de un estudiante de un Grado en Ingeniería Mecánica o su predecesor, Ingeniería Técnica Industrial especialidad en Mecánica.

### **1.3 La empresa: Plásticos Brello S.A.**

La idea de crear una empresa para fabricar piezas de plástico partió de D. Ricardo Bretón Goñi, quien supo ver, a principios de los sesenta, el gran futuro que se abría a estos productos.

En Junio de 1.963 nace en Villava (Navarra) PLÁSTICOS BRELLO, Posteriormente, en mayo de 1.994 la empresa se traslada a su emplazamiento actual en la localidad vecina de Huarte - Pamplona, donde dispone de 14.400m<sup>2</sup>. En sus instalaciones alberga 17 máquinas inyectoras e infinidad de accesorios necesarios para esta industria tanto relacionados con el mantenimiento y producción como relacionados con las exigencias de calidad.

En el año 2008 se adquiere una planta en Peralta de 7.000m<sup>2</sup> especializada en la fabricación de pequeñas piezas en plásticos técnicos y montaje de conjuntos para la industria electrónica.



**Figura 1**

En la figura 1 se puede observar una de las automatizaciones utilizadas en la planta de Huarte. En la segunda figura se puede observar una imagen de la planta de Huarte durante su construcción.



**Figura 2**

Desde su creación PLÁSTICOS BRELLO ha estado vinculada a los sectores de electrodomésticos y del automóvil, sirviendo a las más importantes compañías.

Estos segmentos industriales son altamente competitivos, exigiendo esfuerzos continuos tanto tecnológicos como desde el punto de vista económico, ya que requieren constantes inversiones para la mejora de la calidad y de la productividad y que éstas redunden en la reducción de costes de los productos.

En relación con el automóvil, PLÁSTICOS BRELLO ya servía como proveedor a la empresa AUTHI, por lo que en este momento es una de las empresas en el sector con más experiencia en este campo, habiendo trabajado con los siguientes fabricantes:

- AUTHI
- GRUPO FORD (ESPAÑA, ALEMANIA Y GRAN BRETAÑA)
- GRUPO VOLKSWAGEN (VOLKSWAGEN Y SEAT)
- GENERAL MOTORS (OPEL AG.)
- GRUPO PSA (PEUGEOT, CITROËN)

En relación con los electrodomésticos, actualmente trabaja con la empresa BSH en su planta de Esquiroz (Navarra).







## 2. MATERIALES PLÁSTICOS

En el pasado, al mencionar el término plástico, éste se podía entender como algo relativo a la reproducción de formas o las artes plásticas, la pintura, la escultura o el moldeado. Hoy en día, la palabra “plástico” se utiliza con mayor frecuencia y tiene un significado que implica no sólo arte, sino también tecnología y ciencia. La palabra “plásticos” deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado".

Hablando en terminología técnica los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural. Su moldeado se lleva a cabo aplicando calor y presión. Los plásticos son parte de la gran familia de los Polímeros. Esta palabra de origen latín significa Poli = muchas y meros = partes, de los cuales se derivan también otros productos como los adhesivos, recubrimientos y pinturas.

Se ha llegado a una situación donde es impensable el prescindir de los plásticos en ámbitos tan habituales como la economía o la técnica. Sólo basta con observar a nuestro alrededor y analizar cuántos objetos son de plástico para visualizar la importancia económica que tienen estos materiales. De hecho, el crecimiento que ha tenido esta industria no es comparable con ninguna otra. En 2000 la producción mundial de plásticos alcanzó los 100 millones de toneladas y para el año 2012 llegó a 160 millones de toneladas. El consumo de plásticos sólo se encuentra por debajo del consumo del hierro y acero, y dado que la densidad de dichos materiales es mucho mayor, el volumen de plástico producido es mayor que el del acero.

La denominación de los plásticos se basa en los monómeros que se utilizaron en su fabricación, es decir, en sus materias primas. En los homopolímeros termoplásticos se antepone el prefijo "poli" por ejemplo:

Monómero Inicial ➡ Metil Metacrilato; Nombre de Polímero ➡ Polimetil Metacrilato.

Como se puede observar, los nombres químicos de los polímeros con frecuencia son muy largos y difíciles de utilizar. Para aligerar estos problemas se introdujeron las "siglas" o acrónimos. Para el ejemplo citado, su acrónimo es:

Nombre del Polímero ➡ Polimetil Metacrilato; Acrónimo ➡ PMMA.

A la par del descubrimiento y síntesis de los materiales plásticos, la creatividad del hombre ha ideado formas para moldearlos con el objeto de satisfacer sus necesidades. Por ejemplo: la sustitución de los materiales tradicionales como el vidrio, metal, madera o cerámica, por otros nuevos que permiten obtener una mejoría de propiedades, facilidad de obtención y, por las necesidades del presente siglo, la posibilidad de implementar producciones masivas de artículos de alto consumo a bajo costo.

En 1839, Charles Goodyear descubrió el proceso de vulcanización del hule con azufre, pero aún no se puede hablar de procesos de moldeo comerciales o industriales.



Casi tres décadas después, en 1868 Parkes, en Londres, idea el moldeo de nitrato de celulosa utilizando rodillo, una pequeña cantidad de solvente y calor para plastificar el compuesto. Los intentos para el desarrollo de productos y proceso para moldear continuaron, y en 1872 se patenta la primera máquina de inyección, para moldear nitrato de celulosa, pero debido a la flamabilidad de este material y peligrosidad de trabajar, el proceso no se desarrolló.

Al término del siglo XIX, los únicos materiales plásticos disponibles para usos prácticos eran el Shellac (laca), la Gutta Percha, la Ebonita y el Celuloide, el ámbar y el bitúmen, moldeados en formas artesanales. En 1926, la expansión de materiales poliméricos y las experiencias en el diseño de máquinas para procesarlos, estimulan la creación de máquinas con aplicación industrial, en la construcción y fabricación en serie de inyectores de émbolo impulsada por la Síntesis del Poliestireno (PS) y Acrílico (PMMA). En 1935 Paul Toroester, en Alemania, construye una máquina extrusora de termoplásticos, basada en diseños anteriores para el procesamiento de hules. A partir de estas fechas inicia el uso de electricidad para el calentamiento, que sustituye al vapor. En Italia se genera el concepto del uso de husillos gemelos. En 1938, se concibe la idea industrial de termoformado, y en 1940 el moldeo por soplado.

A día de hoy, se cuenta con la existencia de cientos de polímeros patentados; de ellos aproximadamente 30 son imprescindibles. Los productos manufacturados con plásticos, son obtenidos por más de 20 procesos de moldeo distintos y aproximadamente 10 gobiernan la mayor parte del volumen de plásticos transformados.

El crecimiento de la producción mundial de materiales plásticos ha sido espectacular en los últimos años, ya que en la década de los veinte apenas se produjeron 100.000 toneladas, mientras que desde el final de la segunda guerra mundial hasta 1975 se ha pasado de 300.000 toneladas hasta 40 millones de toneladas. La mayor parte se utiliza en embalajes, seguido por el consumo en la industria de la construcción, electrodomésticos, decoración, sector automovilístico y transportes, agricultura y cables y comunicaciones.

En los países más industrializados el consumo de materiales plásticos por habitante alcanza hoy aproximadamente los 40 kilos, mientras que en Alemania supera ya los 70 kilos. Los principales productores de materiales plásticos son por este orden; Estados Unidos, Japón, Alemania, Italia, Francia y Reino Unido.

La industria de los plásticos seguirá siendo siempre una de las de mayor importancia para la economía mundial, tanto por la dimensión que tiene como por las sofisticadas prestaciones que se alcanzan con los mismos.

## **2.1. Clasificación de los materiales plásticos**

Los materiales plásticos se pueden clasificar en tres grandes grupos en función de sus propiedades: Termoplásticos, termoestables y elastómeros.

### 2.1.1 Elastómeros

Se componen normalmente de moléculas reticuladas de malla poco tupida. El número de puntos de unión depende del número de grupos funcionales del monómero de partida, y repercute sobre la elasticidad del material. La reticulación poco tupida se origina durante el primer moldeo, tal y como sucede con los termoestables.

#### - El caucho

Sus propiedades más características son:

- Es elástico
- Es resistente
- El sintético se obtiene por polimerización
- Existen tres tipos: natural, sintético y vulcanizado



Figura 3

Procede de la coagulación del látex de varios árboles de los países tropicales, principalmente del género hevea. El sintético está producido en laboratorio mediante un grupo de sustancias obtenidas por polimerización y posee las mismas propiedades que el caucho natural, aunque el sintético está menos valorado que el natural ya que el último es mucho más escaso que el primero. Otro tipo de caucho es el Caucho vulcanizado, que es el que está tratado mediante azufre y calor. Es el utilizado en los neumáticos de los coches.

#### - Neopreno

Sus propiedades más características son:

- Es un gran aislante
- Su inercia química lo hace muy útil
- Tiene gran flexibilidad



Figura 4

Es un plástico de caucho artificial obtenido mediante ciertos procesos químicos con hidrocarburos tratados en todo momento. Algunos de los trajes de bomberos, aunque suelen estar hechos de poliuretano, están constituidos por este material, incluyendo trajes de surf, piragüismo, etcétera.

#### - Silicona

Sus propiedades más características son:

- Gran estabilidad ante agentes químicos
- Aspecto pastoso y transparente
- Aislante eléctrico



Figura 5

Tiene buen poder de adherencia y son hidrófugas, por lo que se emplea en construcción como elemento de sellado de juntas. Su utilización también se extiende a prótesis mamarias.

### **2.1.2 Termoestables**

Los materiales termoestables constan de una estructura molecular tridimensional, reticulada, de malla tupida. La reticulación tiene lugar durante el primer moldeo, después no queda otra posibilidad de cambio de forma que el mecanizado por arranque de viruta. Por calentamiento, se ablandan y pueden moldearse, pero en estos plásticos se produce una reacción química, de forma que al enfriarse permanecen rígidos, impidiendo las posteriores deformaciones por sucesivos calentamientos. Un calentamiento excesivo no conlleva la fusión del material sino la degradación.

#### **- La Baquelita (PF)**

Sus propiedades más características son:

- Es dura
- Es frágil
- Tiene color oscuro, brillante, con aspecto metálico
- Es un buen aislante



**Figura 6**

También se conoce con el nombre del fenol-formaldehído y con la denominación fenoplastos. Fue uno de los primeros plásticos que se obtuvieron. En ocasiones, las piezas de baquelita se confunden con piezas mecánicas, como las empleadas en la fabricación de electrodomésticos y en la industria del automóvil. Por ser un buen aislante se emplea en la fabricación de elementos eléctricos y electrónicos: Interruptores, enchufes, placa de soporte para circuitos impresos. Al no ablandarse por el calor y por aprovechar sus propiedades aislantes tanto térmicas como eléctricas, la baquelita también se emplea para mangos de utensilios y aparatos sometidos al calor, aparatos de mandos eléctricos, tapones.

#### **- Urea-Formaldehído (UF)**

Sus propiedades más características son:

- Más duro que la baquelita
- Es incoloro pero se puede tintar más fácil que la baquelita
- Magnífico aislante térmico y eléctrico

Se emplea en la fabricación de aparatos de mando y control, elementos de circuitos eléctricos, elementos decorativos, carcasa de pequeños aparatos, etc.

- **La Melamina (MF)**

Sus propiedades más características son:

- Propiedades muy parecidas a las de la baquelita
- Resiste muy bien los golpes
- Se le puede dar propiedades refractarias
- Se puede colorear



Figura 7

La posibilidad de darle propiedades refractarias la hacen apropiada para uso doméstico en cocinas y como recubrimiento por sus cualidades estéticas. Se utiliza en la fabricación de elementos que requieren dureza y resistencia como vajillas, tableros de madera contrachapados o madera aglomerada.

- **Poliéster (RS)**

Sus propiedades más características son:

- Polimeriza a temperatura ambiente al aplicársele un elemento químico endurecedor
- Es rígido
- Posee gran dureza
- Es frágil



Figura 8

También puede denominarse resina-poliéster. El poliéster puede obtenerse en formas de kilos. Se emplea en la fabricación de fibras sintéticas textiles, tergal, terylene y terlenka. Estos tejidos son adecuados para prendas de vestir, puesto que no se arrugan, no encogen y se secan fácilmente. El poliéster mejora sus características mecánicas al ser reforzado con fibra de vidrio, lo que le convierte en un material muy resistente, empleado en la fabricación de depósitos, contenedores, bidones y piscinas. El poliéster reforzado con fibra de vidrio u otras fibras se emplea también en la aeronáutica y en la industria del automóvil en forma de paneles para construir carrocerías, así como tapicerías y accesorios del vehículo.

### 2.1.3 Termoplásticos

Los materiales termoplásticos constan de una estructura molecular de tipo lineal o ramificada, con las moléculas próximas entre sí, pero creciendo de uniones químicas, lo cual permite su repetida transformación (reciclado) por cualquiera de los métodos típicos de transformación de termoplásticos. Son plásticos sintéticos, de fácil conformación y bajas características mecánicas. Debido a su bajo punto de reblandecimiento, la elaboración de productos resulta económica, pero impide su utilización a temperaturas algo superiores a la ambiente, lo que limita en gran medida su uso.

- **HDPE (Polietileno de alta densidad)**

Sus propiedades más características son:

- Se obtiene a bajas presiones.
- Se obtiene a temperaturas bajas en presencia de un catalizador organometálico.
- Su dureza y rigidez son mayores que las del PEBD.
- Su densidad es  $940 \text{ kg/m}^3$ .
- Su aspecto varía según el grado y el grosor.
- Es impermeable.
- No es tóxico.
- Gran resistencia a los químicos
- Su temperatura de ablandamiento es de  $120^\circ\text{C}$ .



Figura 9

Es un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Se utiliza para fabricar envases de distintos tipos de fontanería, tuberías flexibles, prendas textiles, contenedores de basura, papeles, etc.

- **LDPE (Polietileno de baja densidad)**

Sus propiedades más características son:

- Se obtiene a altas presiones.
- Se obtiene en temperaturas altas y en presencia de oxígeno.
- Es un producto termoplástico.
- Tiene densidad  $920 \text{ kg/m}^3$
- Es blando y elástico a partir de los  $85^\circ\text{C}$
- El film es totalmente transparente dependiendo del grosor y del grado.
- No es tóxico
- Es un buen aislante



Figura 10

Se utiliza para bolsas y sacos de los empleados en comercios y supermercados, tuberías flexibles, aislantes para conductores eléctricos (enchufes, conmutadores), juguetes, etc. que requieren flexibilidad.

- **PP (Polipropileno)**

Sus propiedades más características son:

- Excelente comportamiento bajo tensiones y estiramientos.
- Baja densidad

- Resistencia mecánica.
- Elevada flexibilidad.
- Es opaco
- Gran resistencia al calor comparado con otros (se ablanda a 150 °C)
- Resistencia a la intemperie.
- Reducida cristalización.
- Fácil reparación de averías.
- Buenas propiedades químicas y de impermeabilidad.
- Aprobado para aplicaciones con agua potable.
- No afecta al medio ambiente.



Figura 11

Se emplean en la fabricación de estuches, y tuberías para fluidos calientes, jeringuillas, carcasa de baterías de automóviles, electrodomésticos, muebles (sillas, mesas), juguetes, y envases. Otra de sus propiedades es la de formar hilos resistentes aptos para la fabricación de cuerdas, zafras, redes de pesca.

#### - **PVC (Policloruro de vinilo)**

Sus propiedades más características son:

- Es el material plástico más versátil
- Es necesario añadirle aditivos para que adquiera las propiedades que permitan su utilización en las diversas aplicaciones.
- Puede ser flexible o rígido.
- Puede ser transparente, translúcido u opaco
- Puede ser compacto o espumado.
- Tiene un bajo precio.
- Posee una gran resistencia a los líquidos corrosivos



Figura 12

El PVC en su presentación más rígida se emplea para fabricar tuberías de agua, tubos aislantes y de protección, canalones, revestimientos exteriores, ventanas, puertas y escaparates, conducciones y cajas de instalaciones eléctricas.

#### - **El Nylon**

Sus propiedades más características son:

- Es muy duro
- Es muy resistente al desgaste
- Posee un coeficiente de rozamiento bajo
- Tiene una temperatura de reblandecimiento alta



Figura 13



Esta registrado como marca bajo el nombre de Nylon. En su forma de fibra se utiliza en la industria textil y para la fabricación de hilos de pescar. Por su resistencia se usa para fabricar piezas de automóviles como engranajes, levas, ruedas, tornillos...etc.

#### - **PS (Poliestireno)**

Sus propiedades más características son:

- Termoplástico ideal para la elaboración de cualquier tipo de pieza o envase
- Más frágil que otros plásticos pero resiste bien los golpes
- Higiénico y económico
- Cumple la reglamentación técnico - sanitaria española
- Fácil de serigrafiar
- Fácil de manipular
- Se puede cortar
- Se puede taladrar
- Se puede perforar



Figura 14

Sus formas de presentación más usuales son la laminar. Se usa para fabricar envases, tapaderas de bisutería, componentes electrónicos y otros elementos que precisan una gran ligereza, muebles de jardín, mobiliario de terraza de bares, etc. La forma esponjosa también se llama PS expandido con el nombre porexpan o corcho blanco, que se utiliza para fabricar embalajes y envases de protección, así como en aislamientos térmicos y acústicos en paredes y techos. También se emplea en las instalaciones de calefacción.

#### - **PMMA (Polimetil-metacrilato)**

Sus propiedades más características son:

- Es muy duro
- Tiene una transparencia casi vítrea

Debido a estas propiedades, se le emplea para la fabricación de difusores de los pilotos de los automóviles, cristales para gafas protectoras, muebles y estanterías...

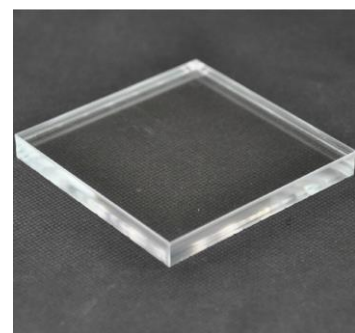


Figura 15



## 2.2 Características de los termoplásticos

Atendiendo al ordenamiento de la estructura molecular, los termoplásticos se clasifican en amorfos y semicristalinos.

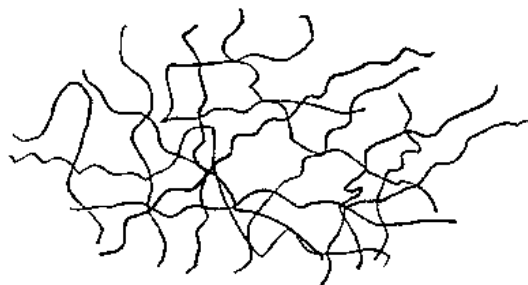
### Termoplásticos amorfos

Constan de cadenas moleculares ramificadas, largas, que cuando se forman, se enredan y se enrollan entre si dando lugar a una estructura molecular absolutamente desordenada, sin forma definida.

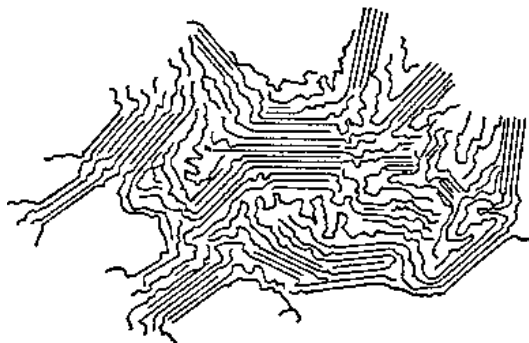
Estos materiales no cristalizan debido a que su estructura es asimétrica, o por impedirlo las ramificaciones laterales, en consecuencia, si no existe modificación, suelen ser transparentes como el vidrio. Presentan en general buenas propiedades ópticas y poca contracción durante la transformación, una resistencia mecánica media y poca resistencia a los trabajos de fatiga.

No tienen una temperatura de fusión definida, y sus intervalos de temperatura de uso se sitúan por debajo de la temperatura de solidificación.

Algunos termoplásticos amorfos importantes: **PVC-U, PVC-P, PS, SB, SAN, ABS, ASA, CA, CAB, PMMA, CP, PC, m-PPE, PSU, PESU, PEEK.**



Polímero de estructura amorfa



Polímero de estructura cristalina

Figura 16



### Termoplásticos semicristalinos

Están constituidos por cadenas moleculares lineales y ramificadas, las cuales presentan zonas con un ordenamiento especial que se denominan cristalitas. Tales ordenamientos se dan en estructuras simétricas, como por ejemplo el Polietileno.

La cristalización hace que estos materiales sean, en general, translúcidos, o cuando la porción cristalina es muy elevada, opacos. La concentración de transformación es superior que la de los materiales amorfos. Presentan un punto de fusión muy definido (temperatura de fusión), dentro de un pequeño intervalo de temperaturas (3-5°C), que equivale a la fusión de las cristalitas. Los intervalos de temperaturas de uso se sitúan entre la temperatura de solidificación y la temperatura de fusión de las cristalitas.

Las posibilidades de transformación son similares a las de los termoplásticos amorfos con la salvedad de que las condiciones de enfriamiento tienen una gran importancia debido a la cristalinidad.

Algunos termoplásticos cristalinos importantes: PELD, PEHD, PP, EVA, PA6, PA66, PA10, PA12, POM, PET, PBT, PPS o PTFE.

Una vez definidos los tipos de termoplásticos, se pueden analizar sus características.

#### **2.2.1. Cristalinidad**

Las moléculas poliméricas se pliegan sobre ellas mismas formando láminas que son las que constituyen la estructura principal de un polímero cristalino. El crecimiento ocurre en toda dirección dando lugar en algunos casos a la formación de esferulitas.

El grado de cristalinidad de un polímero se debe a dos aspectos básicos:

1. Fundamentalmente depende del volumen de su estructura molecular, moléculas formadas por agrupaciones de átomos voluminosas tienden a empaquetarse peor, y a conseguir un grado de cristalinidad pequeño.
2. Para un mismo polímero pueden obtenerse distintos grados de cristalinidad en función del tiempo que permanece el material entre su temperatura de transición vítrea y su temperatura de fusión.

#### **2.2.2. Contracción**

En los termoplásticos el concepto de contracción de moldeo se explica por la pérdida de volumen que se produce en el material al pasar de un estado fundido, en el que las cadenas poliméricas están separadas unas de otras, al estado sólido ya en el molde, en que las cadenas se empaquetan más o menos, deslizándose unas sobre otras para conseguir su estructura molecular característica.



### **2.2.3. Viscosidad y fluidez**

La facilidad de deslizamiento de unas moléculas respecto de las otras es lo que conocemos como fluidez de un material y viene determinado para cada material por la longitud de sus cadenas moleculares y el grado de ramificación de las mismas. La distinta fluidez que presentan materiales diferentes viene determinada básicamente por el volumen, la simetría y el grado de ramificación de sus moléculas; así, en general, los termoplásticos semicristalinos presentan mayor fluidez que los amorfos.

El índice de fluidez o la medida de la viscosidad del plástico representa el grado de libertad que tienen las moléculas para moverse entre sí.

### **2.2.4. Absorción de humedad**

Existe toda una serie de termoplásticos que cabe calificar de higroscópicos, es decir, con tendencia a absorber humedad del ambiente. La presencia de humedad en la grana supone un riesgo en la transformación, ya que nunca tiene consecuencias positivas para la calidad de las piezas fabricadas. La humedad puede aparecer en el mejor de los casos como ráfagas o burbujas, que afean el aspecto de las piezas, pero puede manifestarse también como pérdida de transparencia y aspecto espumado, o incluso pérdidas de las propiedades mecánicas. Por todo ello se suelen llevar a cabo procesos de deshumectación de la materia prima.

## **2.3. Obtención de materiales plásticos**

En ocasiones, el proceso de fabricación de una pieza plástica coincide con el proceso de fabricación del propio material. Los procesos de transformación de plástico están asociados fundamentalmente con procesos de deformación plástica y con procesos de moldeo. Con estos procesos se pueden obtener piezas totalmente terminadas y productos semielaborados que sufrirán un proceso posterior como puede ser el mecanizado. Por este motivo y con el fin de garantizar las propiedades finales de las piezas obtenidas es necesaria una rigurosa selección de diversos factores entre los que se pueden destacar la elección del estado físico del material de partida, los posibles aditivos y su dosificación y los procedimientos de mezclado. Además de obtener la materia de forma pura, también podemos obtener esta de material reciclado, el cual nos abaratará mucho el coste final de la pieza a producir.

## **2.4. Reciclaje del plástico**

Utilizar material reciclado o regenerado como materia prima para la obtención de piezas acabadas es una muy buena manera de reducir costes en el precio final de la pieza, ya que en piezas de gran tamaño el consumo de material es bastante elevado.

A la hora de utilizar este tipo de material tendremos que tener en cuenta que la pieza obtenida de esta manera cumpla todos los requisitos tanto estéticos como mecánicos. Lo normal será mezclar material virgen con material reciclado, y dependiendo del material a procesar y su procedencia podremos meter mas o menos



porcentaje de material reciclado. En principio no se debería inyectar exclusivamente material reciclado, sin mezclar con virgen, ya que este puede no tener un comportamiento constante y dé problemas en la producción. En piezas con pocas exigencias puede ser factible.

El material reciclado puede obtenerse de distintas fuentes. Los materiales de partida idóneos serían:

- Piezas de llenado incompleto
- Bebederos
- Piezas dañadas mecánicamente

Lo más importante a la hora de obtener material reciclado será lo siguiente.

- No mezclar materiales: asegurarse de que todas las piezas que se van a moler son del mismo material.
- No utilizar piezas con síntomas de sobrecalentamiento (degradadas)
- Intentar no utilizar piezas con síntomas de humedad
- No utilizar piezas sucias o contaminadas
- El tamaño del granulado del material reciclado deberá ser similar al original
- Cumplir las normas de secado
- Según las aplicaciones, en cualquier caso será posible añadir entre un 10 y un 20% de material reciclado
- Tras comprobación, en piezas no muy exigentes, se podrá utilizar hasta un 100 %

### **3. MÁQUINAS DE INYECCIÓN**

Las máquinas para el moldeo por inyección de materiales termoplásticos son una evolución de la base de las máquinas de fundición a presión de metales. El primer ejemplar se desarrolla en Estados Unidos en 1870, aunque la primera máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos, mediante el moldeo por inyección, se construyó en Alemania en 1920. Era una máquina totalmente manual tanto el cierre del molde como la inyección lo efectuaba el operador a mano mediante mecanismos con leva.

A mediados de los años 20 nuevamente en Alemania se desarrolla una máquina para materiales plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero inmediatamente se vio la necesidad de máquinas con presiones específicas superiores a lo que en ese momento estaba disponible.

Desde entonces el desarrollo y evolución técnica fue impresionante. Actualmente existen máquinas totalmente automáticas que no requieren ninguna intervención del operador. Existen plantas industriales con instalación de una serie de máquinas trabajando totalmente en ciclo automático. También la alimentación de la materia prima a la tolva, la extracción de las piezas moldeadas y su movimiento al almacén para completar el ciclo de producción es absolutamente automático.

#### **3.1. Componentes de una máquina inyectora**

En una máquina de inyección de termoplásticos se pueden identificar una serie de partes fundamentales, las cuales normalmente se agrupan dentro de las siguientes unidades.

- Unidad de cierre: Consta de los dispositivos necesarios para la colocación, accionamiento y funcionamiento de las dos mitades del molde.
- Unidad de inyección: Comprende las partes necesarias de la máquina para la carga, plastificación e inyección del plástico.
- Unidad de potencia: Comprende el conjunto de dispositivos necesarios de la máquina para transformar y suministrar la fuerza motriz a las unidades de inyección y de cierre.
- Unidad de control.: Es la parte necesaria de la máquina para que se realice el proceso de una forma predeterminada y pueda variarse a voluntad, si fuera preciso. El sistema de control está ligado íntimamente al de potencia, a través del cual las distintas señales se convierten en movimientos de las unidades de inyección y cierre.

Cada una de estas partes realiza un cierto número de funciones, que pueden mezclarse tanto como lo requiera el proceso de inyección, si bien la relación de unas con otras no está determinada por el proceso.



Las unidades de inyección y de cierre son las partes más importantes para definir una máquina inyectora, por lo que a continuación se describirán los aspectos más relevantes de cada una de ellas.

### **3.1.1 Unidad Inyectora**

La unidad de inyección realiza las funciones de cargar y plastificar el material sólido mediante el giro del tornillo, mover el tornillo axialmente para inyectar el material plastificado hacia las cavidades del molde y mantenerlo bajo presión hasta que sea inyectado.

Esta sección es muy similar al proceso de extrusión, resaltando como principal diferencia que en inyección el tornillo tiene una acción recíprocante o alternativa, además de girar para fundir el plástico se mueve de manera axial al actuar como pistón durante la etapa de inyección.

La unidad de inyección consta de un barril (o cilindro) de acero capaz de soportar altas presiones, éste va cubierto con bandas calefactoras llamadas camisas o resistencias para calentar y fundir el material mientras avanza por el tornillo. El calentamiento del tornillo se hace por zonas y el número de zonas dependerá del tamaño del barril.

Dentro del barril se encuentra un tornillo fabricado en acero muy resistente, el cual de manera regular está pulido o cromado para facilitar el movimiento del material en su superficie. El tornillo se encarga de recibir el plástico, fundirlo, mezclarlo y alimentarlo en la parte delantera hasta que se junta la cantidad suficiente para luego inyectarlo hacia el molde.

Existen tres tipos importantes de unidades de inyección: unidades de pistón de una fase, unidades de dos fases pistón-tornillo y unidades en línea con tornillo alternativo. Actualmente, la mayoría de las máquinas inyectoras se fabrican con el sistema de tornillo alternativo llamado también recíprocante, porque alterna las funciones de giro e inyección.

Las principales funciones de este tipo de unidades de inyección son: moverse para acercar o retirar la boquilla hacia el bebedero del molde en la unidad de cierre, generar la presión requerida entre la boquilla y el bebedero, girar el tornillo durante la etapa de alimentación, mover de manera axial el tornillo durante la etapa de inyección y mantener la presión generada durante la inyección.

Una gran parte de la energía necesaria para la plastificación del plástico se debe al calor de fricción, suministrado al material por medio de un motor que hace girar el tornillo. Por lo tanto, durante la etapa de alimentación se consume una gran cantidad de energía, requiriendo un motor adecuado para generar el alto torque inicial.

El movimiento de cierre del molde requiere sólo la potencia necesaria para vencer la resistencia generada por fricción para alcanzar la rapidez necesaria para el cierre del molde. Sin embargo, al final de este movimiento debe aplicarse una gran



fuerza de cierre, tan rápido como sea posible para mantener cerradas las dos mitades del molde. La etapa de inyección necesita la potencia máxima, aunque casi siempre por un periodo muy corto y ésta depende de las condiciones de moldeo, que establecen la carrera del pistón de inyección. Por ejemplo, el empleo de materiales de baja fluidez o de entradas pequeñas a las cavidades exige el uso de grandes presiones, el caso contrario permitirá reducir las necesidades de potencia. El movimiento de la unidad de inyección y la apertura del molde necesitan generalmente muy poca potencia.

Con objeto de lograr las condiciones apropiadas de trabajo, según sea el tipo de pieza, es preciso regular tanto la fuerza como la velocidad de los diferentes fluidos que suministran la potencia durante las diferentes fases del ciclo de inyección.

Asimismo, tiene gran importancia la regulación de la fuerza de inyección aplicada al plástico fundido durante el llenado del molde y la compactación (presión de sostenimiento o postpresión).

La velocidad a la que fluye el material en la cavidad del molde y la presión que se aplica durante el tiempo de enfriamiento, ejercen gran influencia en la calidad de la pieza obtenida. En general, es bueno utilizar una velocidad tan alta como lo permita la máquina, si bien hay tipos de moldes en los que es preciso controlar la velocidad para eliminar defectos y marcas de flujo en la superficie de la pieza.

Los principales tipos de sistemas de potencia para la unidad de inyección se pueden clasificar en:

- Motor eléctrico con unidad reductora de engranes
- Motor hidráulico con unidad reductora de engranes
- Sistema hidráulico directo

#### Sistema de potencia eléctrico

El sistema de potencia eléctrico se utiliza por lo general en máquinas relativamente pequeñas. Este sistema puede emplearse tanto para el giro del tornillo, como para la apertura y cierre del molde en la unidad de cierre. La máquina emplea dos sistemas mecánicos de engranes y palancas acodadas, uno para el cierre del molde y otro para la inyección. Cada sistema es accionado por un motor eléctrico independiente.

Estos motores eléctricos pueden desarrollar un gran par y el eje de mando puede girar en las dos direcciones. Cada motor transmite la potencia a la palanca acodada por medio de un cuadrante y una rueda dentada.

De esta forma la rotación del motor en un sentido acciona las rodilleras para el cierre del molde y aplica una alta fuerza de cierre y si se invierte el sentido de giro del motor se abre el molde. De forma similar el otro motor acciona los engranes que suministran la potencia para la rotación del tornillo. En los sistemas con motor eléctrico, la velocidad del tornillo puede ajustarse sólo en un determinado número de valores económicamente rentables, lo cual puede ocasionar problemas en la reproducción de parámetros de operación y dificultar la obtención de productos con una calidad constante.



Normalmente los motores eléctricos generan un torque inicial muy alto, por lo que debe tenerse precaución al usar tornillos con diámetros de pequeño a medio para evitar que sean dañados. De forma regular los motores eléctricos cuentan con un sistema de freno mecánico, que es accionado eléctricamente al finalizar la etapa de alimentación, evitando que el tornillo gire durante la inyección, lo cual es muy práctico cuando no se utiliza válvula antirretorno en el tornillo.

### Sistema de potencia hidráulico

A diferencia de los motores eléctricos, los motores hidráulicos son los más utilizados y se basan en la transformación de la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica, similar al sistema utilizado en bombas hidráulicas.

En los sistemas de potencia a base de fluidos se utiliza un fluido (aire, agua o aceite) para transmitir la potencia desde una fuente de energía a las partes de accionamiento de la máquina. Mientras que en el caso de máquinas electromecánicas, la transmisión de potencia desde la fuente (motor eléctrico) a las partes de accionamiento de la máquina se efectúa por medios mecánicos, a través de engranes y palancas, con un sistema de fluidos estos mecanismos se sustituyen, total o parcialmente, por tuberías de conducción que llevan el fluido a presión a los pistones de inyección y cierre del molde.

El uso de aceite como fluido transmisor de potencia ha predominado en la mayoría de las máquinas hidráulicas, usado actualmente por casi todos los fabricantes de máquinas de inyección, lo cual se debe sobre todo a sus propiedades lubricantes en aplicaciones que involucran grandes cargas en el equipo de bombeo. Aunque no es barato, su uso es rentable si se presta atención a su aplicación, uso en servicio y mantenimiento. Su compresibilidad es baja. El porcentaje de reducción de volumen, al aumentar la presión, depende del tipo de aceite, de su temperatura, de su presión y de otros factores.

En los sistemas hidráulicos es común utilizar presiones que varían entre 70 y 140 kg/cm<sup>2</sup> y aún más en las máquinas grandes. Para un valor determinado de potencia es conveniente reducir el tamaño de los tubos, válvulas y cilindros hidráulicos, lo cual permite una máquina más compacta que ocupará superficies más pequeñas.

Las ventajas del motor hidráulico con respecto al eléctrico pueden resumirse principalmente en:

- Permite variación de velocidades, lo cual se logra de manera sencilla con el control del volumen del fluido.
- Se alcanza una relación casi lineal entre el torque y la velocidad. El límite del torque se determina por la presión limitante (evitando el daño a los tornillos) y el torque de inicio es aproximadamente igual al de operación.
- Permite inicios y paros rápidos debido al pequeño momento de inercia.
- Permite relaciones bajas de peso-potencia, lo que favorece el alcance de altas velocidades del material durante la inyección.





### **3.1.2. Unidad de cierre**

Su función principal es sujetar el molde de inyección, suministrar el movimiento y la fuerza necesaria para mantener cerradas y abiertas las dos mitades del molde. Sus principales partes son las columnas guías, platinas porta-moldes fijas y móviles y el mecanismo para apertura y cierre del molde.

#### Plato fijo frontal

Esta platina se encuentra fija a la base de la máquina, ocupando normalmente la parte central de la misma y conecta, por un lado, la unidad de inyección y, por otro lado, la unidad de cierre. Esta platina es la que soporta una de las mitades (la parte fija) del molde.

#### Plato móvil

La platina móvil soporta la otra mitad del molde. Ésta se mueve axialmente (hacia adelante y hacia atrás) sobre las columnas guía, permitiendo que el molde cierre y abra.

#### Plato fijo trasero

Esta platina soporta el mecanismo de cierre de esta unidad y es sobre la cual se ejerce la fuerza de cierre para cerrar el molde.

#### Mecanismos de cierre

Existen básicamente dos diseños diferentes en los sistemas de cierre utilizados:

- Sistema mecánico con palancas acodadas
- Sistema hidráulico

Por razones de costo, frecuentemente se utiliza un sistema mecánico con base en palancas acodadas para máquinas de hasta 10 000 kN de fuerza de cierre, mientras que para máquinas mayores se prefiere el uso del sistema de cierre hidráulico. Las principales diferencias entre los sistemas de cierre mecánico e hidráulico radican en la efectividad de transmisión de las fuerzas durante el cierre del molde.

Generalmente, el sistema mecánico de palancas acodadas es superior en la velocidad con que realiza los movimientos, pero por otro lado las fuerzas de extracción de la pieza que se alcanzan con este sistema son más bajas. Es decir, ambos sistemas tienen sus ventajas y ninguno ha demostrado ser superior a la otra.



- **Sistema mecánico con rodillera**

En los sistemas de cierre mecánico la fuerza de cierre es ejercida casi exclusivamente por un sistema de palancas articuladas que, aunque pueden ser accionadas por un sistema mecánico de engranes (sistema mecánico puro ya en desuso), generalmente son accionadas de forma hidráulica durante la apertura y cierre del sistema. Este sistema consta de un cilindro hidráulico pequeño cuyo pistón está ligado a las barras primarias del sistema articulado. El movimiento para adelantar el pistón provoca a su vez el movimiento de las barras principales de la articulación, cerrando el molde. El cilindro hidráulico, al ser relativamente pequeño, permite que el movimiento de aproximación durante la carrera de cierre del molde pueda efectuarse a alta velocidad. Posteriormente, al final del movimiento de cierre, la velocidad de la articulación se reduce, lo que provoca una desaceleración en el movimiento del plato móvil, disminuyendo el choque cuando se unen las dos mitades del molde. Además de esta desaceleración se logra un aumento en la ganancia mecánica en las articulaciones principales, de tal forma que la pequeña fuerza suministrada por el cilindro hidráulico queda altamente multiplicada por el sistema articulado.

Estos sistemas pueden dividirse en simples y dobles, dependiendo del número de palancas que utilice. El sistema de palancas articuladas simples es típico para máquinas de hasta 500 kN de fuerza de cierre. El sistema de palancas articuladas dobles se prefiere en máquinas entre 2 500 y 10000 kN de fuerza de cierre. En general, este sistema presenta las ventajas de ser más económico en tiempo y costo que el hidráulico puro, ya que utilizan un cilindro muy pequeño. Las palancas multiplican la fuerza suministrada por el cilindro y permite asegurar la fuerza de cierre una vez extendidas las palancas, mientras que en el sistema hidráulico requieren aplicarse altas presiones por un tiempo mayor.

Por otro lado, este sistema presenta las siguientes desventajas: no ofrece indicación de la fuerza de cierre para poder ser ajustada y supervisada, pudiendo aplicarse fuerzas excesivas que dañen el molde. Las fuerzas de cierre pueden variar al cambiar la temperatura del molde y de las palancas mientras que en el sistema hidráulico estos cambios se compensan por el flujo del aceite. Es difícil controlar las velocidades y fuerzas para el arranque y paro en diferentes etapas del ciclo, además de requerir mayor mantenimiento debido al mayor desgaste.

- **Sistema hidráulico**

La característica principal de este sistema es el uso de un cilindro hidráulico para ejercer la fuerza de cierre, el cual generalmente está localizado en la parte central del sistema. El cilindro sujetado de forma sólida al plato móvil es el que ejerce las funciones de apertura y cierre. El movimiento de cierre es realizado por cilindros pequeños de alta velocidad, ya sea por uno central o dos laterales conectados de manera directa con la bomba hidráulica.

En teoría, el recorrido total del cilindro hidráulico puede usarse para el ajuste de moldes de diferentes tamaños, estando limitado sólo por el espacio necesario para el molde, es por esto que en estas máquinas el ajuste del molde es relativamente simple.



### **3.2. Tipos de máquinas inyectoras**

#### **3.2.1. Máquinas de inyección con pistón**

El moldeo por inyección con pistón de una sola etapa fue el sistema predominante hasta 1955. Dicho sistema consta de un barril que se llena con material plástico, el cual es fundido mediante bandas calefactoras con resistencias localizadas alrededor del barril. Posteriormente, el material fundido es forzado a través de un distribuidor o torpedo mediante el movimiento axial de un pistón, inyectando así dicho material dentro del molde. En este tipo de máquinas, el flujo en el barril es predominantemente laminar, ocasionando un pobre mezclado y un fundido muy heterogéneo.

#### **3.2.2. Maquinas con sistema de preplastificación**

En el sistema de inyección con preplastificación o de dos etapas, el calentamiento del material y el desarrollo de la presión necesaria para llenar el molde están aislados uno de otro, a diferencia del sistema de inyección de fase única en el cual ambas operaciones se realizan en la misma fase. En los sistemas con preplastificación, el material se calienta a la temperatura de moldeo durante la primera etapa del proceso, después pasa a un receptáculo desde el cual es forzado a entrar en el molde en una segunda etapa. La primera etapa es de calentamiento o fusión y la segunda de presión o inyección.

Este sistema permite el establecimiento de condiciones óptimas de cada una de las dos etapas. Esta independencia permitió una gran libertad de diseño. En efecto, pudo independizarse la parte de la máquina en la que se busca alcanzar buenas características de transmisión de calor, sin considerar ninguna limitación sobre las condiciones de presión, las cuales se satisfacen en la segunda etapa de la máquina, donde se centra la atención en optimizar la inyección y consecución de la presión.

Con el sistema de inyección en dos etapas o de preplastificación, pueden controlarse más adecuadamente la temperatura, presión y volumen de inyección, lo cual permite alcanzar mayores velocidades de inyección, así como mayores capacidades de plastificación y de inyección. Con la aparición de este tipo de sistemas, pudo ampliarse el campo de productos que podían fabricarse por inyección, contribuyendo también a mejorar la calidad de los productos obtenidos al inyectarse piezas más grandes y pesadas con materiales más difíciles de inyectar, lo que era casi imposible con los sistemas convencionales de una etapa.

La velocidad de desplazamiento del material plástico dentro del molde es potencialmente mucho mayor en una máquina con preplastificación. Por esta razón, pueden obtenerse mayores velocidades de inyección para una potencia determinada. Por otro lado, el pistón de inyección actúa sobre un material fundido y no sobre los gránulos sólidos, por lo que el desplazamiento del material se realiza de manera más eficaz, lo que permite menores pérdidas de potencia.



Dentro de los sistemas de preplastificación, los tipos de máquinas más comunes son aquellos con base en pistón y tornillo o combinaciones de ambos.

- Preplastificación con pistón

Algunas de las principales limitaciones de las máquinas de pistón de una sola etapa pudieron superarse con un sistema de preplastificación con pistón de dos etapas. En este sistema, el material es fundido en un barril de plastificación, similar al de una sola etapa, para ser transferido luego por el movimiento del pistón a una segunda cámara con pistón en la cual se acumula el material fundido hasta alcanzar la cantidad requerida. Posteriormente, una válvula giratoria desconecta ambas cámaras para conectar esta última con el molde. Las principales ventajas que se alcanzan con este sistema son: un fundido más homogéneo, aplicación directa de la presión sobre el material fundido, que permite un control más preciso de esta y mayores velocidades de inyección, además de un control más preciso del peso inyectado.

En las máquinas de dos etapas, las condiciones de llenado del molde no se ven afectadas por la falta de regularidad producida por fluctuaciones en la alimentación del material sólido. El peso de lo inyectado viene determinado por el volumen de material plastificado, que se hace pasar al barril de inyección desde la primera fase.

Sin embargo, a pesar de las ventajas que presenta la inyección con preplastificación con pistón, hay materiales muy sensibles térmicamente, como el PVC, para los cuales no es aconsejable este método.

- Preplastificación con tornillo

Las máquinas que emplean un sistema de tornillo, ya sea solo para fundir el material (sistema de dos etapas) o para fundirlo e inyectarlo (tornillo alternativo), constituyen el avance técnico más importante en la maquinaria de moldeo por inyección. Ambos sistemas se desarrollaron paralelamente.

Este tipo de máquinas utilizan un tornillo giratorio para transportar y calentar el material plástico. El movimiento de giro crea una turbulencia beneficiosa en el material contenido en los canales del tornillo, facilitando así la transferencia de calor desde la pared del barril. Por lo tanto, se logra una temperatura más uniforme que con los otros sistemas.

Además de este calor transferido, también hay un efecto de calentamiento por la conversión de la energía mecánica del tornillo en calor al someter a esfuerzos de corte al material plástico.

Este procedimiento es preferible al de transferencia pura, especialmente cuando se trata de materiales sensibles al calor. En efecto, si el calor se transfiere solo por conducción es inevitable la existencia de un cierto gradiente de temperatura entre la capa externa e interna del plástico fundido, ya que los polímeros son malos conductores del calor. Si, como es el caso del PVC, la estabilidad térmica está afectada por la



relación tiempo-temperatura, es evidente que el calentamiento por conducción no es adecuado para materiales de este tipo.

La alimentación del material, como ocurre con el proceso de extrusión, puede hacerse en forma de gránulos, polvo o de cinta, siempre y cuando el tornillo tenga el diseño adecuado y se instalen los dispositivos que sean necesarios en la máquina.

El uso del tornillo en los sistemas de inyección permite controlar la temperatura en forma más precisa, fundir el material plástico más rápido, alcanzar mayores velocidades de inyección y obtener mezclas más homogéneas del plástico con otros aditivos.

El sistema de inyección con tornillo en dos etapas es más antiguo que el sistema de tornillo alternativo en línea. Por un tiempo, este fue casi desplazado del mercado totalmente por la máquina de tornillo estándar. Sin embargo, en años recientes ha ganado popularidad de nuevo, debido sobre todo a su versatilidad para usarse en aplicaciones donde se requieren condiciones extremas en capacidad de inyección y de plastificación. Este tipo de máquinas se emplean con gran éxito en la inyección de espumas rígidas (structural foams) y elastómeros.

En general, hay que incluir una válvula antirretorno entre las dos fases. La unidad de plastificación con tornillo es más sencilla que en el caso de tornillo alternativo, pues el primero solo plastifica y el último plastifica (gira) e inyecta (actúa como pistón).

### **3.2.3. Máquina de inyección con tornillo alternativo**

Este tipo de máquinas se caracterizan por realizar la fusión e inyección del material mediante un tornillo alternativo, el cual alterna su función de plastificar e inyectar el material fundido. Esta disposición representa el avance más significativo en el moldeo por inyección de plásticos y es el sistema más utilizado hoy día, pudiéndose decir que no se prevé en un futuro próximo ninguna posibilidad de que sea sustituido por otro nuevo sistema.

El movimiento de giro del tornillo transporta al material hacia adelante mientras va fundiendo, al tiempo que gira, retrocede para dejar espacio, delante de él, al material fundido. Cuando se tiene el volumen necesario para la inyección, el tornillo deja de girar y se mueve axialmente hacia adelante, actuando como pistón para inyectar el material dentro del molde.

Este sistema permite fundir el material muy rápido, controlar de manera más adecuada la temperatura y la cantidad de material a inyectar, permite obtener un fundido más homogéneo y mejora la reproducibilidad en la obtención de piezas de buena calidad.

La versatilidad de este sistema permite utilizar tornillos cortos para inyectar materiales entrecruzables, tales como elastómeros o tornillos largos, con relaciones longitud/diámetro (L/D) de 24:1 a 30:1 para materiales de difícil fusión y para máquinas con zona de venteo o desgasificación.



### **3.2.4. Máquinas para inyección multicolor**

Inicialmente, las máquinas de moldeo por inyección multicolor fueron empleadas para producir teclas para máquinas de escribir y cajas registradoras. Desde la aparición de este tipo de máquinas especiales, se desarrolló un importante mercado, estimulado por la demanda de micas para luces traseras multicolores para la industria automotriz.

Estas máquinas pueden clasificarse dentro de dos categorías:

- Diseño horizontal con varias unidades de inyección en paralelo una con otra
- Diseño vertical con unidad de empalme vertical y unidades de inyección laterales

#### Diseño horizontal

Esta máquina se caracteriza por incluir arreglos de dos o tres unidades de inyección, ambas en paralelo con el eje en ángulo una con la otra. Normalmente, estas máquinas se forman con unidades que se adaptan de máquinas convencionales con sistemas de accionamiento de tornillo, alimentación y calentamiento independiente una de la otra, pudiendo ser máquinas del mismo o diferente tamaño. Mientras que en las máquinas convencionales las dos partes del molde se mueven solo en dirección axial, en estas máquinas se requiere el transporte del producto inyectado por una de las unidades hacia la otra, mediante el movimiento rotatorio del molde, al estar éste abierto.

#### Diseño vertical

Una máquina de este tipo, consta de una unidad de cierre central con operación vertical, que tiene tres o cuatro unidades de inyección acomodadas a su alrededor, dependiendo del número de colores deseados. Generalmente, una parte del molde, la parte superior, gira alrededor del eje vertical, moviendo el producto moldeado desde una primera etapa donde se inyecta en un color, hacia las etapas subsecuentes de cada color, donde se inyecta el siguiente material en los espacios libres que quedan al cerrarse de nuevo el molde y así de manera sucesiva hasta que la pieza moldeada está completa y puede ser extraída.

### **3.2.5. Máquinas giratorias**

A pesar del tiempo de enfriamiento relativamente corto en el moldeo por inyección, siempre se buscan métodos para reducir el tiempo total del ciclo (aumento de la producción). El tiempo de enfriamiento durante el cual el molde permanece cerrado y el pistón (o tornillo) de inyección está hacia atrás, representa, en general, una gran parte del tiempo del ciclo, de forma especial en el caso de piezas gruesas, dejando parte de la capacidad de inyección de la máquina sin usar. Por otro lado, en algunos tipos de máquinas los movimientos restantes de la máquina, necesarios para completar el ciclo, no pueden llevarse a cabo hasta que ha terminado el tiempo de enfriamiento, a no ser que se trate del tipo de máquinas llamadas de "movimientos superpuestos".



Puede lograrse una buena reducción del tiempo del ciclo si se emplean varios moldes, situados en una unidad giratoria (horizontal o vertical). Cada uno de estos moldes se sitúa frente a la unidad de inyección para realizar el llenado del molde e inmediatamente gira la mesa para proceder al llenado del siguiente. Entre tanto, el primero se está enfriando y en el momento debido se abrirá y se extraerá la pieza, sin perturbar los sucesivos procesos de inyección.

Con este sistema, la unidad de inyección empleada necesita una gran capacidad de plastificación. Es adecuado para series grandes de producción de piezas gruesas con formas sencillas. Cuando las cantidades producidas no justifican el uso de un cierto número de moldes idénticos, pueden emplearse moldes diferentes al mismo tiempo. Es obvio que el material y el color tienen que ser los mismos. Las primeras máquinas de este tipo se desarrollaron al principio para la fabricación de sandalias, zapatos, botas y artículos similares de PVC plastificado.

### **3.2.6. Máquinas para la inyección de espumas rígidas**

Este tipo de máquinas se utilizan para la elaboración de productos que requieren alta rigidez, tales como carcasas para equipo electrónico (computadoras, controladores, televisores, etc.), contenedores para alimentos, accesorios para lavadoras, etcétera. La forma más fácil de incrementar la rigidez en un producto es mediante el aumento de su espesor. Sin embargo, esto ocasiona una serie de dificultades durante su procesamiento, tales como la formación de huecos y contracciones en la pieza, los cuales pueden eliminarse mediante el uso de la técnica de inyección de espumas rígidas (structural foam).

Esta técnica involucra la expansión del material fundido, ya sea de manera directa mediante el uso de un gas disuelto o de un gas producido por la descomposición de un reactivo químico (normalmente azodicarbonamida de 0.5 a 2%) a la temperatura del fundido. El material fundido se expande por el gas, produciendo un aumento en volumen al someterse a un cambio de presión al salir de la unidad de inyección y entrar al molde. Debe tenerse cuidado en inyectar una cantidad de material determinada, que deje espacio suficiente para expandir y llenar el molde. Conforme se completa la inyección del material, se cierra la válvula de la boquilla de la unidad de inyección para permitir que la presión del gas al expandirse alcance a llenar el molde. Esto involucra bajas presiones en el molde (aproximadamente 30.6 kg/cm<sup>2</sup>), lo que permite moldear piezas con mayores áreas proyectadas y menor fuerzas de cierre, requiriéndose moldes más ligeros y económicos.

Con este tipo de máquinas, no se requiere aplicar presión de sostenimiento, ya que el gas permite seguir moviendo el material y llenar el molde, manteniendo la capa externa de la pieza contra el molde y obteniendo productos con menor orientación y encogimiento y sin burbujas en piezas gruesas. Los productos obtenidos con esta técnica, presentan una superficie rugosa y porosa, aceptable en la mayoría de los casos. Sin embargo, cuando se requiere otro tipo de acabados superficiales, se recurre a la técnica de coinyección (también llamada proceso sandwich).



### **3.2.7. Máquinas de coinyección (proceso sandwich)**

Esta técnica permite la elaboración de productos compuestos de materiales termoplásticos con una estructura "sandwich" formada por una capa o piel exterior compacta y un núcleo o centro espumado. Esta técnica involucra el uso de dos o más unidades de inyección para inyectar cada capa con el mismo o diferente tipo de material. Este proceso permite variar el espesor de cada capa, obteniéndose productos completa o parcialmente espumados. Las piezas que se obtienen con este proceso tienen mayor resistencia a la flexión, además de que no presentan rechupes en piezas gruesas.

Esta técnica consiste en coinyectar concéntricamente las dos corrientes de fundido, utilizando una válvula especial

En el primer paso del ciclo de trabajo, el molde se encuentra cerrado, mientras el tornillo de la primera unidad inyecta una parte del material a través de la válvula giratoria. Posteriormente, en el segundo paso (parte B), la válvula bloquea el paso de la primera unidad de inyección y permite el paso de la masa expandible acumulada en la segunda unidad hacia el molde. Esta segunda corriente comprime el material anterior hasta que esta se sitúa como piel, sobre toda la superficie de la cavidad. En esta etapa del ciclo se llena completamente la cavidad a presión, mientras que en el tercer paso (parte C) la válvula abre de nuevo, el paso a la primera unidad de inyección que inyecta el resto del material para cerrar la piel de la pieza, cubriendo así totalmente el núcleo espumado para evitar que sea visible en la pieza final. Por último (parte D), la válvula bloquea el paso a ambas unidades, mientras actúa la fuerza de cierre sobre el molde.

Tras un corto tiempo se abre el molde y por la expansión gaseosa del núcleo dentro de la capa de piel se forma una estructura "sandwich" uniforme.

### **3.2.8. Máquinas de moldeo por inyección reactiva (RIM)**

El proceso de moldeo por inyección reactiva (RIM) y su derivado el moldeo por inyección reactiva con reforzantes (RRIM), difieren del moldeo convencional en que utilizan resinas líquidas reactivas en lugar de polímeros fundidos. Este proceso involucra el mezclado a alta presión de dos o más líquidos, que reaccionan espontáneamente para su posterior inyección a menor presión dentro de un molde cerrado. Este sistema no utiliza extrusores para material fundido, sino un sistema de almacenaje y dispersión de las resinas reactivas. Con esta tecnología, se han alcanzado ciclos de inyección de dos minutos o menos en la producción de partes grandes y gruesas.

El principal plástico que se utiliza en este proceso es el hule de poliuretano (PUR), aunque también se utilizan otros materiales como el nylon, resinas poliéster, acrílicas y epóxicas, entre otras. La principal ventaja de este proceso sobre el proceso convencional, es la facilidad de moldear piezas grandes, normalmente mayores de 10 libras. Sin embargo, requiere dispositivos más sofisticados para la extracción de la pieza, ya que el poliuretano reproduce de manera fiel la superficie del molde y tiende a pegarse en él. Durante la fase inicial del proceso, los componentes líquidos, en este caso monómeros o prepolímeros (no polímeros) como los polioles, son bombeados desde sus depósitos (regularmente a temperaturas entre 60 y 90°C), para ser mezclados en la





proporción adecuada, ya sea a baja presión (por ejemplo, para suelas de calzado) o a alta presión (para piezas gruesas) y después son inyectados en un molde donde se formara el producto final. En realidad, este proceso es la combinación de un proceso químico y de moldeo, donde las materias primas no son polímeros, sino reactivos químicos que formaran un polímero al ser moldeado en un producto terminado.

El proceso RIM consume menos energía comparado con el proceso convencional, ya que los componentes líquidos son inyectados normalmente a temperatura ambiente (temperatura típica del molde = 40°C). Por otro lado, ya que el material se formula con agentes espumantes expande dentro del molde, requiriendo fuerzas de cierre bastante más bajas (7 kg/cm<sup>2</sup>). Por ejemplo, para la inyección de partes automotrices planas de gran tamaño, de 5 kg de peso, en RIM solo se requiere 50 ton de fuerza de cierre, lo cual es un valor bastante bajo comparado con los valores de 2000 a 3500 Tn que se utilizan en el moldeo convencional. La aplicación de este proceso en PUR, involucra el adecuado mezclado y bombeo de dos líquidos catalizados: el poliol y el isocianato. El poliol contiene la cadena de polieter, un agente de entrecruzamiento y un catalizador. Regularmente se añade un agente espumante en cualquiera de los dos líquidos. En este proceso, para obtener las mayores propiedades en el producto final es esencial alcanzar un mezclado homogéneo.

El uso de materiales reforzantes, como fibra de vidrio (menor a 2 mm de longitud), en el proceso de RRIM permite obtener productos con propiedades mejoradas, por lo que cada vez se emplea más este proceso en la elaboración de partes automotrices con altos requerimientos en propiedades mecánicas.

### **3.2.9. Maquinas con diferente disposición en sus unidades**

Las posiciones relativas de las distintas unidades de la maquina pueden variar de unas máquinas a otras, si bien la posición normal es la que tiene las unidades de cierre y de inyección en posición horizontal.

Las diferentes posiciones de las maquinas toman en cuenta aspectos tales como: forma de trabajo, facilidad de manejo, accesibilidad a los dispositivos de la máquina, facilidad de montaje del molde y de otras piezas, accesibilidad para el mantenimiento y superficie de suelo ocupada, entre otros.

Para especificar las diferentes posiciones constructivas de las máquinas, se toma en cuenta la unidad de cierre y la de inyección que, como ya se mencionó, representan las dos partes más importantes de la máquina.

Las cuatro variaciones principales que se diferencian por la permutación de estas unidades en posición vertical y horizontal se describen a continuación.

#### Inyección y cierre horizontal

Es la más común, a pesar de que generalmente ocupa más espacio en el suelo que una maquina vertical; no obstante, presenta una serie de ventajas tales como:



- Una altura adecuada de las distintas partes de la máquina para su adecuado montaje y ajuste.
- Permite realizar los cambios y mantenimiento de moldes relativamente fácil, (sobre todo, si se adaptan grúas móviles por encima de la maquina).
- El llenado de la tolva cuando se realiza en forma manual, no presenta grandes dificultades, excepto en máquinas muy grandes.
- Se facilita la extracción de la pieza, ya que las caras del molde son verticales y esta cae por gravedad.
- En máquinas horizontales hidráulicas no hay derrames de aceite sobre el molde o pistón (tornillo) de inyección.

Sin embargo, este sistema presenta algunas desventajas al requerir el uso de cojinetes y guías para evitar el desgaste de las partes móviles, sobre todo en las maquinas grandes y las piezas con inserciones metálicas requieren atención especial para evitar que caigan del molde.

Una variación de la maquina horizontal es que las unidades de cierre y de inyección están horizontales, pero en ángulo recto una con respecto a la otra. Esta disposición se adopta, a veces, en grandes máquinas para fabricar piezas con ataque lateral.

#### Cierre horizontal con inyección vertical

En este tipo de máquinas pueden emplearse moldes de inyección central y de inyección lateral, tanto de una como de varias cavidades. Esta máquina es más compacta que una horizontal de capacidad comparable y la reducción de superficie necesaria para su trabajo es una característica muy favorable. A pesar de todo, tales maquinas son un tanto raras y no gozan de la popularidad que el tipo descrito anteriormente.

#### Cierre e inyección verticales

Ofrece la máxima economía de espacio. Esta ventaja puede perderse por la gran altura necesaria de la nave para caso de máquinas grandes. La unidad de cierre vertical tiene ventajas para la inyección de piezas que llevan inserciones. Este tipo de maquina puede instalarse en la mitad de superficie que las horizontales de capacidad similar. El trabajo totalmente automático de las maquinas verticales, necesita dispositivos adicionales para asegurar una extracción adecuada de las piezas moldeadas. Aunque puede hacer uso de aire a presión, este sistema no es totalmente seguro. No obstante, este problema puede resolverse empleando, por ejemplo, una placa ranurada que se mueve entre ambas mitades del molde cuando está abierto, esta placa soporta las piezas, mientras que retroceden los extractores.



### Cierre vertical e inyección horizontal

Ha sido adoptado en gran número de máquinas. Es un tipo adecuado para el empleo de inserciones metálicas. Tiene la ventaja de utilizar menos espacio de suelo, pero tiene el inconveniente de necesitar más altura en la nave. La ayuda de la gravedad al cerrar el molde puede permitir altas velocidades de cierre sin emplear unidades de gran potencia.

### **3.3 Características principales de una máquina**

Las características fundamentales de una máquina de inyección son aquellas que permiten definir las limitaciones en el tamaño y peso de la pieza a inyectar, tamaño del molde, producción, etcétera.

Estas características generales se incluyen en la especificación del fabricante de la máquina y hay que conocerlas y analizarlas para valorar mejor las posibilidades de las máquinas. Asimismo, existen otras características que pueden ser definidas por el proveedor de la máquina, tales como sistema de control de temperaturas, de circuitos hidráulicos y eléctricos, diseño del barril, formas de expulsión de la pieza, etcétera. Sin embargo, estas son características particulares que no nos permiten hacer comparaciones directas entre máquinas.

Las principales características que permiten definir y comparar las capacidades de las unidades de cierre y de inyección de las máquinas son las siguientes:

- Capacidad de cierre
- Dimensiones del molde
- Recorrido de apertura del molde
- Capacidad de inyección
- Presión de inyección
- Capacidad de plastificación
- Velocidad de inyección

#### **3.3.1. Capacidad de cierre**

Esta es una de las características más importantes que se especifican en una máquina de inyección, indicada como la fuerza máxima en toneladas, que se opone a la presión de inyección y que evita que el molde se abra.

Al estar fundidos los materiales termoplásticos se comportan como fluidos "no-newtonianos", su comportamiento bajo presión y en las condiciones de flujo que existen en el proceso de inyección hacen que la transmisión de presión sea difícil. La estructura molecular de los polímeros impide que la presión se transmita igualmente en todas las direcciones, de tal forma que la presión transmitida al molde es menor que la aplicada por el tornillo de inyección. El porcentaje de presión que se transfiere depende de varios factores, especialmente de la viscosidad del material plastificado y de la temperatura de



plastificación. Si la viscosidad del polímero es baja (semejante al agua), se incrementa la eficacia de transmisión de la presión.

Por otro lado, el material que entra en la cavidad del molde se enfría continuamente, por lo que el material en los extremos de la pieza inyectada estará más frío que en la zona próxima a la entrada, generándose un gradiente de presión a lo largo de la línea de partición del molde, el cual será diferente para cada molde y en cada molde para las distintas condiciones de moldeo. Por lo tanto, la fuerza de apertura real ( $F$ ), debida a la presión en el molde será el producto de la presión media en el molde ( $P_m$ ) por el área proyectada de la pieza ( $A_p$ ).

$$F = P_m \times A_p$$

El valor de la presión media es la presión que ejerce el material sobre las paredes de la cavidad y la cual trata de abrir el molde. Esta presión siempre será menor que la presión de entrada, que a su vez será menor que la presión aplicada por el pistón de inyección, debido a las pérdidas producidas entre la cara del pistón y la cavidad del molde. Comúnmente la presión en la cavidad del molde es medida mediante transductores para así ajustar la presión de inyección ejercida.

El área proyectada se define como el área que presenta perpendicularmente a la unidad de cierre, tanto la pieza o conjunto de piezas moldeadas y la colada (vena y canales de alimentación). Dicha área es la que presenta resistencia a la presión de inyección, por lo que si es muy grande la unidad de cierre tenderá a abrirse.

La fuerza de cierre está relacionada de manera directa con el área proyectada del producto a moldear, por lo que debe tenerse cuidado de que el área proyectada del producto que se desea inyectar no sea mayor que el valor del área proyectada máxima de la máquina. Los valores de área proyectada que pueden utilizarse con seguridad para una fuerza de cierre determinada, dependen además de otras características de las piezas, tales como espesor de pared, profundidad de la pieza, tipo de entrada a la cavidad, etcétera.

Supongamos que se va a inyectar una pieza con un área proyectada de 650 cm<sup>2</sup>, relativamente poco profunda (por ejemplo, 25 mm) Y de un espesor de 3 mm, la cual requerirá una fuerza de cierre de 250 toneladas para mantener cerrado el molde. Tal pieza puede inyectarse a una determinada presión de inyección. Si esta misma pieza se hiciera con un material más viscoso o si el espesor se redujera a 2 mm, se necesitara una presión de inyección más alta. Lo cual significa que en la cavidad se generaría una fuerza de apertura mayor y, por lo tanto, se necesitaría mayor fuerza de cierre.

Un incremento similar en la fuerza de cierre también podría ser necesario si se aumenta la profundidad de la pieza. En el caso de una pieza más profunda, el recorrido de flujo de material es mayor, por lo que es preciso mantener una presión mayor en la cavidad mientras el material fluye a lo largo de las paredes laterales. Esto hace que cuando el molde este lleno, la presión que actúa sobre la superficie proyectada sea mayor.

Para plásticos con buena fluidez, tales como PS, PE, PP, etcétera, se ha estimado con bastante aceptación que la presión promedio ( $P_m$ ) de la resina dentro del molde es



aproximadamente 250 kg/cm<sup>2</sup> para aquellos materiales de baja fluidez tales como CA, PC, PVC rígido, etcétera, de aproximadamente 300 kg/cm<sup>2</sup>. Así, por ejemplo, para moldear una pieza de PS en forma de plato con entrada directa y de 15 cm de diámetro puede determinarse con la ecuación que requerirá una fuerza de cierre de:

$$F = P_m \times A_p = 250 \times \frac{\pi}{4} \times 15 = 44000 \text{ Kg}$$

Dónde:

F = Fuerza de cierre

P<sub>m</sub> = Presión media para el PS (aprox. 250 kg/cm<sup>2</sup>)

A<sub>p</sub> = Área proyectada del plato –  $\pi \cdot d^2 / 4$

Una estimación empírica comúnmente empleada, consiste en aplicar 31 meganewtons (MN) de fuerza de cierre por cada m<sup>2</sup> de área proyectada.

### 3.3.2. Dimensiones del molde

La distancia que queda libre entre los platos fijo y móvil, cuando el molde está cerrado, definen el espesor del molde que puede utilizarse, mientras que el tamaño de los platos limita la altura y el ancho del mismo.

El espesor máximo del molde es la distancia máxima que puede obtenerse entre el plato fijo y el móvil cuando el mecanismo de cierre está totalmente retraído. Mientras que el espesor mínimo del molde es aquella distancia cuando el mecanismo de cierre está totalmente extendido para el cierre.

Normalmente en las máquinas que utilizan sistema de cierre mecánico de palanca acodada, se especifica un espesor del molde máximo y mínimo para que cualquier molde que tenga un espesor dentro de estos límites pueda instalarse sin dificultad. En este sistema se tiene un mecanismo que proporciona una carrera fija, por lo que es necesario poder regular la posición final del plato, que puede variar según sea el espesor del molde a instalar.

En las máquinas que emplean un sistema de cierre completamente hidráulico, la fuerza de cierre que se desarrolla es independiente de la posición del plato móvil. Por lo tanto, no es necesario ningún ajuste, ya que el pistón de cierre de la máquina ejercerá la fuerza total de cierre cuando se junten las dos mitades del molde, sea cual sea su espesor.

En un sistema de cierre con articulación mecánica se tiene un espesor de molde máximo y mínimo. Además, hay una carrera de apertura del molde que no varía con el espesor de! mismo. Con el sistema de cierre completamente hidráulico hay un espesor mínimo del molde y una carrera de apertura máxima. Cualquier aumento en el espesor del molde, trae como consecuencia la reducción correspondiente en la carrera de apertura.



El espesor del molde puede variar según el tamaño y tipo del sistema de extracción utilizado. Si se utiliza una placa expulsora, el movimiento del plato expulsor se produce sobre el macho del molde y si este plato es accionado por las barras extractoras de la máquina, el espesor del molde no habrá que aumentarlo más que en el espesor de dicha placa expulsora. Sin embargo, si la pieza se expulsa por una serie de extractores situados alrededor de la periferia del macho, estos extractores van fijados a una placa colocada en el interior del molde. El movimiento de esta placa de extracción exige considerar un aumento en el espesor del molde.

Además de los espesores del molde, es común especificar las dimensiones de las platinas portamoldes. Esta característica nos indica las dimensiones globales del molde, que puede ser colocado dentro de la máquina, una vez que ha cumplido con las demás restricciones. Las platinas portamoldes presentan, en su superficie, una cantidad considerable de agujeros en los que se pueden colocar los tornillos que han de sujetar al molde. La localización de estos agujeros esta estandarizada para así facilitar el intercambio de moldes de una maquina a otra.

### **3.3.3. Recorrido de apertura del molde**

El recorrido de apertura del molde es la distancia recorrida por el plato móvil durante los movimientos de apertura y cierre de la máquina. Normalmente se especifica como el movimiento máximo que puede obtenerse en una máquina.

Esta es una característica importante, ya que establece la longitud máxima de la pieza en la dirección paralela al eje de la máquina. Cuando se moldean piezas muy largas, debido a la longitud de los núcleos o machos, se requiere que el molde abra, al menos, el doble de la longitud de la pieza para que esta pueda ser expulsada sin dificultad. En general, la longitud real máxima de una pieza moldeada con una carrera de apertura determinada depende del tipo de molde, conicidad de la pieza y flexibilidad del material.

En algunos casos, el empleo de moldes con partes móviles deslizables, requieren un aumento en el recorrido de apertura del molde y, por lo tanto, incrementa el tiempo de ciclo. Para evitar incrementos innecesarios de tiempo de ciclo, la mayoría de las maquinas cuentan con mecanismos para su control y regulación.

### **3.3.4. Capacidad de inyección**

La capacidad de inyección de una maquina suele darse como capacidad teórica y capacidad real. La capacidad teórica (también conocida como calculada) se define como el volumen calculado máximo de material que puede ser desplazado por el movimiento hacia adelante del tornillo o pistón de inyección, a lo largo de la longitud de su carrera máxima sin que ocurran fugas de material. Esta capacidad puede determinarse con la siguiente formula:

$$C_i = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times L$$



Dónde:

Ci = Capacidad de inyección calculada en  $\text{cm}^3$

d = Diámetro del tornillo en cm

L = Recorrido máximo del tornillo en cm

La capacidad de inyección real de la maquina es una indicación del peso máximo de la pieza (junto con los canales y vena) que puede ser inyectado por el tornillo bajo carga máxima. Estos pesos máximos inyectados dependen de:

- Carrera del pistón o tornillo
- Diámetro del pistón o tornillo
- Densidad aparente de los gránulos (para maquinas con pistón)

En algunas máquinas es posible incrementar la capacidad de inyección al montar pistones o tornillos de inyección de diferentes diámetros, cada uno de ellos con su correspondiente barril o cilindro. Las máquinas están proyectadas para alcanzar una determinada fuerza de inyección total sobre el pistón de inyección o sobre el tornillo, por lo que para cada diámetro se tiene una presión de inyección diferente. Así, por un lado se puede aumentar la capacidad de inyección, instalando un tornillo de mayor diámetro, pero se reduce la presión máxima de inyección que puede aplicarse según la siguiente expresión:

La capacidad de inyección se indica, normalmente, en gramos de poliestireno debido a que este material presenta cambios muy pequeños de densidad con las variaciones de presión y temperatura, además, dentro de los termoplásticos, es el que tiene un valor de densidad más cercano a  $1.0 \text{ g/cm}^3$  ( $1.04 - 1.07 \text{ g/cm}^3$ ).

### **3.3.5. Presión de inyección**

Una de las variables que afectan de manera más directa la calidad de la pieza moldeada es la presión de inyección. Esta se define como la fuerza máxima que puede ejercer el tornillo sobre el material plástico, por unidad de área. Dicha presión es la que obliga al material fundido a introducirse en las cavidades del molde. La presión real que se aplica al material depende de la eficacia con que se trasmita esta presión a través del volumen de material situado entre el tornillo o pistón y la boquilla.

Esta transmisión depende de la forma del barril de inyección y de las características del material plástico. Generalmente, esta presión es desarrollada mediante un pistón que empuja hacia adelante el tornillo, venciendo la resistencia que opone el material plástico. Las maquinas modernas van provistas de dispositivos que permiten regular la presión de forma continua, hasta el valor máximo posible, el cual varía en cada máquina.

Debido a que de manera regular se presentan perdidas sustanciales de presión en la resina, durante su trayecto desde la punta de la boquilla de la maquina hasta la cavidad del molde, es preferible colocar sensores de medición de presión en la cavidad en lugar del barril, lo cual facilita un control más preciso.



Por lo general se utilizan presiones altas para mantener la velocidad de inyección deseada; sin embargo, una vez lleno el molde, estas altas presiones ya no son necesarias, por lo que se prefiere usar una combinación de una primera presión seguida de una segunda menor presión de inyección.

Es usual que durante el proceso de inyección se ajuste el giro del tornillo para que siempre quede una pequeña cantidad constante de material, entre la punta del tornillo y el barril, al finalizar la inyección. Esto permite que se pueda aplicar más efectivamente la presión de inyección y de sostenimiento.

Este material remanente se conoce comúnmente como "colchón" o amortiguamiento del tornillo.

### **3.3.6. Capacidad de plastificación**

Se representa como la cantidad máxima de material que puede ser llevado a la forma de fluido viscoso, a una temperatura uniforme para ser moldeado por unidad de tiempo. Es decir, es la cantidad de material plastificado descargada por el tornillo, rotando a su máxima velocidad en un tiempo determinado. Este valor suele darse en g o kg de PS por hora.

La capacidad de plastificación es difícil de calcular, ya que además del rendimiento térmico del barril y del tornillo para plastificar el material, las diferentes características de los materiales (calor específico, conductividad térmica, calor latente de fusión y temperatura de inyección) influyen en su valor absoluto.

### **3.3.7. Velocidad de inyección**

La velocidad de inyección es una medida de la cantidad de material que entra en el molde durante el tiempo de llenado. Normalmente, se expresa como el volumen de material plástico que la máquina puede inyectar por unidad de tiempo, cuando el tornillo se mueve a su máxima velocidad. Esta característica es una de las más importantes para obtener piezas de calidad, ya que nos indica la rapidez con la cual se llenan las cavidades del molde con el material plástico. Su valor depende de la potencia necesaria y utilizada en la carrera de inyección. Puede estimarse de acuerdo con la siguiente expresión:

En algunos casos la velocidad de inyección se expresa como la velocidad lineal con que se desplaza el tornillo o pistón. Sin embargo, este valor dista mucho del real, ya que el desplazamiento del material a través de la boquilla siempre es menor, sobre todo en el caso de moldeo con pistón, debido a que parte del movimiento de este es absorbido en compactar los gránulos de material en la zona de alimentación.

Muchas máquinas modernas realizan los movimientos de las distintas unidades a través de un motor eléctrico, el cual acciona una bomba suministradora de aceite a cilindros hidráulicos que efectúan los movimientos requeridos. La velocidad del pistón de inyección dependerá del flujo del fluido hidráulico. Así, para una presión





determinada, a mayores velocidades de inyección se necesitaran motores eléctricos más potentes.

Las presiones máximas de inyección tienden a ser constantes en los diferentes tamaños de máquinas. Sin embargo, las velocidades de inyección deben aumentar necesariamente con el tamaño de las máquinas.

Esto se comprende de manera fácil si se considera el llenado del molde. Durante el llenado, la temperatura relativamente baja de la superficie del molde ira enfriando al material que entra. Naturalmente, las condiciones de llenado se mejoraran si se reduce este efecto de enfriamiento, ya que se evitara problemas, tales como: líneas de soldadura, marcas de flujo, así como tensiones congeladas (esfuerzos latentes o residuales). Con máquinas de preplastificación y de tornillo alternativo al emplearse más eficazmente la potencia, pueden lograrse mayores velocidades de inyección.

Tras analizar los componentes de las máquinas de inyección y sus características, se dispone a analizar más profundamente las inyectoras más habituales, las inyectoras de tornillo alternativo.

### **3.4. Máquina inyectora de tornillo alternativo**

Normalmente, los tornillos que se utilizan en una unidad de inyección con tornillo reciprocante o alternativo son de un acero muy duro el cual esta pulido o cromado para facilitar el movimiento del material en su superficie. Este se encarga de recibir el plástico, fundirlo, mezclarlo y alimentarlo en la parte delantera, hasta que se junta la cantidad suficiente para luego inyectarlo hacia el molde.

#### **3.4.1. Accionamiento del tornillo**

El sistema motriz que hace que el tornillo se mueva (movimiento de giro y de inyección) normalmente utiliza un motor hidráulico, el cual es accionado con aceite alimentado a alta presión mediante una bomba. Este motor acciona una serie de engranes, los cuales a su vez realizan el movimiento de giro del tornillo. Por otro lado, el tornillo está unido por un extremo a un pistón hidráulico, el cual se alimenta con aceite a alta presión para así hacer que el tornillo se mueva en dirección axial (hacia adelante) durante la etapa de inyección del material.

#### **3.4.2. Función del tornillo**

La misión del tornillo de moldeo por inyección consiste en tomar gránulos fríos en la tolva, llevar y compactar el material en la zona de transición, eliminar gases y plastificar el material en la misma y bombearlo a la zona de bombeo. Su principal ventaja es su acción mezcladora, que permite obtener un material fundido muy homogéneo en temperatura, composición y color. Además, el tornillo debe alternar estas funciones con la función de inyección, actuando como pistón para inyectar el material plastificado y mantener una presión tal que haga permanecer el material dentro del molde hasta que enfríe.



### 3.4.3. Partes del tornillo

Normalmente, la anchura del filote es 10% del diámetro. La holgura o juego radial es el espacio que queda entre el barril y la hélice del tornillo.

Para la mayoría de los materiales, la holgura o juego radial es el diámetro del tornillo multiplicado por:

La longitud del tornillo (L) es la longitud de la sección del mismo que esta fileteada. Sin embargo, a no ser que la longitud total del tornillo sea efectiva, es decir, que el ultimo filete este debajo de la garganta de la tolva, la longitud no tiene importancia. La longitud efectiva es la distancia entre la garganta de la tolva y la parte delantera del tornillo, cuando está en la posición adelantada. Por lo tanto, no se incluyen los filetes que puedan estar detrás de la tolva.

La longitud efectiva del tornillo (L) dividida por el diámetro del mismo se conoce como relación L/D, la cual es un criterio importante para el diseño de tornillos.

En la actualidad se utilizan valores de  $L/D = 18$  o  $20$  y puede llegarse a  $28$  o  $30$  en el caso de barriles con desgasificación. Algunas de las ventajas de un tornillo largo son:

- 
- Cuanto mayor sea la relación L/D, más calor por esfuerzo de corte puede generarse uniformemente en el plástico.
- 
- El tornillo más largo introduce una trayectoria de flujo más larga con casi el mismo rendimiento que un tornillo más corto, pero con menos variaciones de presión en el fundido.
- A mayor relación L/D, más oportunidad habrá de mezclado y, por consiguiente, se tendrá mejor homogeneidad del fundido.

Relaciones de L/D mayores tienen más superficie de fricción. Por encima de 24:1 no suele justificarse el costo y mantenimiento adicionales.

Al igual que en extrusión, el tornillo se divide en tres zonas: alimentación, compresión y dosificación.

#### Zona de alimentación

La función principal de la zona de alimentación es recibir los gránulos de la tolva y transportarlos hacia adelante por el canal del tornillo. Es importante asegurar una adecuada temperatura en esta zona para lograr que el material se pegue más al barril (caliente) y sea arrastrado hacia adelante por las hélices del tornillo (menos caliente) sin llegar a una temperatura que propicie la formación de un tapón o se bloquee el material en la entrada. Para evitar este problema, se acostumbra utilizar bajas temperaturas del barril en esta zona o enfriar al circular agua alrededor de la garganta de la tolva.



Los principales factores que afectan el transporte de los gránulos en la zona de alimentación son:

- Profundidad de canal
- Grado de fricción entre gránulos-tornillo y entre gránulos-barril
- Angulo de la hélice

a) Profundidad de canal

La profundidad del canal es una característica importante en relación con la producción y con la calidad del fundido. La zona de alimentación es básicamente un transportador, por lo que cuanto más profundo sea el canal, mayor será el volumen transportado y, por lo tanto, será mayor la producción. Sin embargo, hay otras consideraciones a tener en cuenta al elegir la profundidad del canal. En la zona de bombeo, una de esas consideraciones es la velocidad de corte. Todos los materiales tienen una velocidad de corte máxima, por encima de la cual se degradan. Cuanto más sensible sea al calor dicho material, más bajo es la velocidad de corte permisible.

Es preferible disminuir la velocidad de corte a base de aumentar la profundidad del canal, en lugar de disminuir la velocidad de giro del tornillo. No obstante, no hay que olvidar que si se aumenta la profundidad del canal, se aumenta la componente negativa del flujo de presión. El flujo de presión, como se define por la ecuación (24), del apartado 2.4, varía con el cubo (tercera potencia) de la profundidad del canal ( $h$ ). Los canales profundos significan relativamente poca circulación dentro del mismo, mal mezclado y baja difusividad térmica, lo que a su vez da como resultado una mayor variación de la temperatura y menor homogeneidad del fundido. En general, cuanto más profundo es el canal, más rápido es el decremento en la producción por el marcado aumento en el flujo de presión.

b) Grado de fricción entre gránulos-tornillo y entre gránulos-barril

Si el coeficiente de fricción entre los gránulos de plástico y el tornillo y entre el plástico y el barril fueran idénticos, no habría flujo de material y giraría este como un aro dentro de los canales del barril. Para que se mueva hacia adelante, el material debe pegarse más al barril que al tornillo.

Es el mismo principio que apretar una tuerca y un tornillo. Si la tuerca gira sin sujetar el tornillo, no habrá movimiento relativo. Este se dará solo cuando se sujete uno de los dos. Obviamente, cuanto mayor sea la diferencia de fricción entre el plástico fundido y el barril, mayor será la producción.

En la 55 se presenta el comportamiento del coeficiente de fricción del PS en función de la temperatura del barril. Puede observarse como se reduce drásticamente la fricción entre el material y el barril al utilizar temperaturas cercanas a 190°C. Con base en esto, no es recomendable calentar en exceso la zona de alimentación, ya que se reduciría el coeficiente de fricción y se formaría un tapón bloqueándose la alimentación del material. Este comportamiento no es generalizable para todos los Plásticos, ya que



existen algunos como el PE, en el cual el uso de altas temperaturas en dicha zona favorece la alimentación.

Generalmente, la zona de alimentación tiene una profundidad de canal constante. Debido a la fricción el tornillo siempre está más pulido que el barril y, de forma normal, la temperatura del barril es más alta que la del tornillo. En consecuencia, el material se adhiere al barril cuando se reblandece y resbala sobre el tornillo, mas frío. Luego, el material se compacta y empieza a fundirse en la zona de transición. En la mayoría de los tornillos con zona de dosificación, la zona de alimentación tiene una longitud de aproximadamente la mitad de la longitud total.

#### c) Angulo de la hélice

El Angulo de hélice afecta el transporte y la eficiencia del mezclado del material en el canal. La experiencia ha demostrado que una hélice que avanza una vuelta por cada diámetro nominal del tornillo da excelentes resultados. Los tornillos suelen tener una anchura de canal constante (tornillos con paso cuadrado), lo cual da como resultado un ángulo de hélice de 17.7 grados, mismo que se ha adoptado universalmente.

#### Zona de transición o compresión

Posteriormente, el material pasa hacia la zona de transición o compresión, donde se compacta y empieza a fundirse. En esta zona, la profundidad de canal (h) decrece de forma continua y completa la compresión y fusión del material. Cuando este entra en el extrusor es granular y Heno de aire; cuando sale por la boquilla, es un fluido viscoso. Aquí, el aire que queda entre los gránulos del material se desprende al fundirse el material, como consecuencia del calor suministrado por los calentadores del barril, así como por la energía mecánica (calor por esfuerzo de corte} suministrada por el giro del tornillo. Por lo general, esta sección es aproximadamente la cuarta parte de la longitud total.

En la 56 se esquematizan las principales etapas durante la compresión y fusión del material plástico en la zona de compresión. El material que entra en contacto con el barril funde por conducción. Este fundido (área 1) es arrastrado hacia adelante por el movimiento del tornillo, comenzando una trayectoria circulante (área 2). El área 3 contiene gránulos, que están suficientemente calientes, de modo que se adhieren entre si y al fundido circulante del área 2.

En las secciones de transición entre áreas 2 y 3 gránulos fríos son fundidos y absorbidos por el área 2. El área 4 contiene gránulos fríos que son transportados como solidos a lo largo de la longitud del tornillo. A medida que va fundiendo más material la zona 2 aumenta hasta que, en la zona de dosificación, el área 2 llena completamente los canales.

En un tornillo de L/D 20:1, esta zona de compresión normalmente es de cinco vueltas (la cuarta parte de la longitud total). La relación de compresión se define por el cociente entre el volumen de una vuelta del tornillo, en la zona de alimentación y el volumen de la última vuelta en la zona de dosificación. En la práctica, puesto que los



tornillos de inyección en la zona de dosificación tienen una anchura de canal constante, se suele definir como relación de compresión la relación de profundidades del canal.

Por ejemplo, la profundidad de canal ( $h$ ) de un tornillo de 63 mm de diámetro ( $L/D = 20/1$ ), es de 1.905 mm en la zona de dosificación y tiene un valor de 8.89 mm en la zona de alimentación, por lo tanto, la relación de compresión de este tornillo será de 4.6:1, es decir, la profundidad de canal en la zona de alimentación con respecto al de la zona de dosificación.

Las relaciones de compresión más comunes en tornillos usados en el moldeo por Inyección varían entre 2:1 y 5:1.

### Zona de dosificación o bombeo

A medida que se funde más material, este pasa hacia la zona de dosificación o bombeo, la cual actúa como una bomba que alimenta el material, totalmente fundido, hacia la parte delantera del tornillo donde se acumulara para ser inyectado. En esta zona, el material debe estar fundido en su totalidad, con temperatura y composición homogénea, antes de poder ser inyectado al molde.

En la zona de dosificación se requiere de una presión relativamente alta para obtener un mejor mezclado del material y, por ende, propiedades constantes en el producto. Este incremento en la presión se obtiene al imponer restricciones al flujo de plástico fundido en dicha zona (por ejemplo, reducción de la profundidad del canal, uso de cabezas mezcladoras, enfriamiento interno del tornillo) o al aumentar la viscosidad del plástico (por ejemplo, mediante la disminución de la temperatura en ese punto).

### Velocidad de giro del tornillo

El moldeo por inyección solo utiliza el tornillo durante un tiempo fijo, no continuamente como en extrusión. El tornillo gira para llenar el barril con el material fundido necesario para la siguiente inyección. Parte del calor requerido para plastificar el plástico proviene del giro del tornillo. Por lo tanto, para alcanzar una cierta temperatura del material, el tornillo puede moverse de forma rápida a altas velocidades o despacio a bajas velocidades, con el correspondiente cambio de la temperatura del barril. Velocidades más lentas funden más lento el material, ya que se reduce el esfuerzo de corte ejercido por el tornillo. Sin embargo, darán una mejor calidad de fundido. Esto se debe a que cuanto más rápidamente se mueve el sólido en una geometría dada, menos tiempo tendrá para fundir de manera uniforme.

En moldeo por inyección, la rapidez con que se funde el material puede incrementarse al aumentar la temperatura, por esfuerzo de corte, mediante el incremento en la velocidad de giro del tornillo. Sin embargo, este incremento en la rapidez de fusión es contrarrestada por una menor calidad del fundido, debido a un mayor flujo y un menor tiempo de residencia. Velocidades lentas de giro del tornillo, producen temperaturas más homogéneas en el fundido además de reducir el desgaste del tornillo.



### Presión de retroceso

La otra variable independiente es la contrapresión o presión de retroceso. Cuando el tornillo gira y va moviéndose hacia atrás durante la etapa de plastificación del material, este va luchando contra la presión que ejerce el aceite del pistón de inyección. La presión generada en el plástico, debida a la presión del aceite contra la que actúa el tornillo al retroceder, se conoce como presión de retroceso y se controla mediante una pequeña válvula localizada en la parte trasera del pistón de inyección. Alta presión de retroceso aumenta la homogeneidad del fundido y, como cabe esperar, disminuye la producción, ya que aumenta el flujo de presión y el de filtración. Altas presiones de retroceso mejoran normalmente las propiedades de las piezas. Muchas veces, haciendo uso de altas presiones de retroceso, desaparecen problemas de control dimensional, contracción, alabeo, dispersión de color, etcétera. Sin embargo, también el uso de altas presiones de retroceso aumenta el tiempo en el que el tornillo termina de plastificar, por lo que aumenta el tiempo del ciclo.

La trayectoria de flujo cambia con la contrapresión. La 57 (*parte a*) presenta un esquema simplificado en el que existe una baja presión de retroceso. La partícula se mueve en movimiento circular de canal a canal del tornillo y, además, a lo largo de la hélice hacia la boquilla debido a que no existe una presión alta que vencer. El flujo bloqueado (57, *parte b*), con alta presión de retroceso, tiene un movimiento similar de filete a filete, pero no avanza igual debido a la alta presión, lo cual origina un mayor tiempo de residencia del material y un mejor mezclado. Esta es la razón de que mejore la dispersión de color y aumente la homogeneidad, al subir la presión de retroceso. Por otro lado, un incremento en esta presión ocasionara una reducción en la producción.



## **4. MOLDES**

### **4.1 Elementos básicos del molde de inyección**

Los elementos comunes a todos los moldes de inyección son los siguientes:

#### **4.1.1 Platos principales del molde**

Estos platos llamados también placas porta cavidades están constituidos por dos platos gruesos de acero en los que se insertan las cavidades en las que se moldea el artículo deseado. Una de estas placas generalmente se considera estacionaria, y durante el proceso comunica directamente con el bebedero y la boquilla de la máquina de inyección, mientras que la placa móvil es guiada a lo largo de las columnas de la máquina.

Además de las cavidades estos platos pueden llevar incorporados otros dispositivos mecánicos tales como columnas-guías, espigas extractoras, etc., que facilitan el proceso.

Actualmente se utilizan varias técnicas para la construcción de estas cavidades, pero la selección de un método de trabajo está principalmente determinada por la naturaleza y tamaño de las cavidades que se han de insertar en el plato, el grado de tolerancia permitido en las piezas moldeadas y la complejidad o sencillez de otros componentes del molde.

#### **4.1.2 Paralelos o espaciadores**

Estos elementos son unos bloques de acero utilizados para formar una caja en la que se pueda albergar el sistema de extracción de las piezas del molde.

#### **4.1.3 Bebedero**

El bebedero permite el flujo del material plástico procedente de la boquilla de la máquina de inyección que se dirige a los canales de alimentación y a las cavidades. El bebedero tiene una depresión generalmente en forma de sector circular, en la cual ajusta el extremo de la boquilla de la máquina. El taladro del bebedero es de forma cónica, quedando el diámetro más pequeño hacia el lado de la máquina y el diámetro más grande hacia el lado del molde. El grado de conicidad es variable, pero se debe tener en cuenta que cuanto mayor sea la conicidad tanto más fácil para sacar el material que ha solidificado dentro del bebedero. El orificio menor de la conicidad deberá ser algo mayor que el diámetro del orificio de la boquilla para asegurar la separación de la mazarota cuando se realiza la apertura del molde.



#### **4.1.4. Pozos fríos y uñas de retención**

El pozo frío como su propio nombre indica, es una depresión situada al extremo del bebedero, sobre la mitad móvil del molde y está dotado con una espiga o uña extractor de forma especial, cuya espiga constituye el fondo del pozo.

El pozo frío actúa como un recipiente que recoge la primera porción relativamente fría del material que sale primero por la boquilla, sirviendo al mismo tiempo como un elemento de retención de la mazarota en el momento de abrirse el molde. El pozo frío debe tener un diámetro mayor que el diámetro más grande del bebedero, pues de otro modo no serviría para su cometido, ya que el material tiene tendencia a fluir por el camino que ofrece menos resistencia y se dirigirá hacia los canales de alimentación en vez de quedar atrapado en el pozo.

#### **4.1.5. Canales de alimentación**

Los canales de alimentación conducen al material desde la salida del bebedero hasta las cavidades. La sección de estos canales debe ser suficientemente grande para asegurar que el material fluye rápidamente; cuanto menor sea la sección transversal del canal tanto más grande son las pérdidas de presión a lo largo de él; a igualdad de otras condiciones el material circulará más despacio y se necesitará más tiempo para llenar el molde. Por otro lado, los canales de sección pequeña dan un menor porcentaje de ramificaciones y son más fáciles de separar de las piezas moldeadas.

Las ventajas principales de los canales con sección grande se pueden resumir en que proporcionan un mejor acabado de la superficie de la pieza moldeada, menor proporción de piezas rechupadas y una reducción sustancial del ciclo de moldeo.

#### **4.1.6. Entradas a las cavidades**

La entrada a la cavidad es la porción final del canal de alimentación que comunica directamente con la cavidad del molde. El primer punto a considerar es la situación que debe tener la entrada respecto a la pieza moldeada; la entrada se colocará de manera que sea sencillo y económico eliminarla de la pieza moldeada. Como regla general se situará siempre en las secciones más gruesas del artículo. Para elegir la colocación de la entrada se deben tener en cuenta una serie de consideraciones ya enumeradas anteriormente.

Los tipos más comunes de entrada son la entrada normal, en abanico, en anillo, de diafragma, directa y submarina.

#### **4.1.7. Respiraderos, salidas de gases**

Íntimamente asociado con el problema del diseño de las entradas, está el de la colocación de los respiraderos, pues la experiencia ha demostrado que casi siempre es necesario colocar un respiradero situado en la cavidad en el lado opuesto de la entrada.





La misión de los respiraderos es permitir que el aire o los volátiles atrapados durante el llenado de la cavidad puedan escapar al exterior. Si el aire no pudiera escapar al llenarse ésta, sufriría una compresión adiabática y podría causar señales de quemaduras sobre la superficie de la pieza moldeada.

Estos respiraderos son muescas con un ancho de 3 a 6 mm y una profundidad dependiendo del material de 0.01 a 0.03 mm. En ocasiones se utilizan las holguras de las espigas extractoras para conseguir la salida del aire.

#### **4.1.8. Mecanismos de extracción o expulsión**

Se utilizan una gran cantidad de métodos muy ingeniosos para conseguir la extracción de los artículos moldeados de las cavidades. La misión de todos ellos es conseguir una extracción rápida y segura de la pieza. El tipo de extractor está en función de la forma de la pieza a inyectar y el material a utilizar.

Existen varios tipos de sistemas d extracción:

- Pasadores cilíndricos de expulsión
- Casquillos de expulsión
- Placas de extracción, regletas de expulsión, anillos de expulsión
- Mordazas correderas
- Separadores por aire comprimido
- Extractores de plato o de tipo seta
- Extracción por robot

#### **4.2 Datos constructivos del molde**

Las piezas componentes del molde de inyección pueden estar sometidas a esfuerzos muy considerables que originen su deformación o simplemente su desplazamiento como resultado de no estar equilibradas las presiones en el conjunto del molde. La presión que soporta un molde de inyección puede variar desde tan solo unos 50 kg/cm<sup>2</sup> hasta 850 kg/cm<sup>2</sup> o más; normalmente el valor de la presión en un determinado momento del ciclo de llenado de las cavidades viene a ser de unos 300 kg/cm<sup>2</sup> y esta presión multiplicada por el área transversal de las cavidades puede dar como resultado unos esfuerzos muy considerables.

Este apartado al igual que el del diseño del molde y acoplamiento a la maquina deben quedar muy claros en la fase inicial del proyecto, para evitar problemas insalvables a última hora.

Dependiendo de las necesidades de producción y de los materiales a emplear los moldes pueden ser fabricados dentro de los siguientes grupos:



- a) Moldes de baja producción (acero a 80 kg de resistencia)
- b) Moldes de mediana producción (aceros tratados entre 100 y 110 kg como mínimo y el bastidor puede ser de acero a 80 kg)
- c) Moldes de alta producción (aceros templados en las figuras o de dureza comprendida entre 130 y 140 kg). El bastidor será en estos casos de acero entre 100 y 110 kg., de lo contrario no sirve de nada la dureza en la figura, puesto que el apoyo es blando y se clavara provocando desajustes y rebabas en la figura

No obstante, se ha de prestar atención porque al desbastar hacia el núcleo de la figura, la dureza se reduce notablemente y será necesario controlarla, además de efectuar otro tratamiento térmico después del desbaste.

Independientemente las paredes móviles o rozantes estarán templadas o nitruradas, así como en según qué casos se pueden emplear piezas de bronce para evitar el gripaje especialmente en piezas con mucho roce.

#### **4.3 Clasificación de moldes de inyección**

La norma DIN E 16750 “Moldes de inyección para materiales plasticos” contiene una división de los moldes según el siguiente esquema:

- a) Molde estándar (molde de dos placas)
- b) Molde de mordazas (molde de correderas)
- c) Molde de extracción por segmentos
- d) Molde de tres placas
- e) Molde de pisos (molde sandwich)
- f) Molde de canal caliente

Si no es posible la disposición de canales de distribución en el plano de partición, o si se han de unir centralmente las piezas de un molde con cavidades múltiples, se requiere un segundo plano de separación para el desmoldeo del distribuidor solidificado (molde de tres placas) o una alimentación del material a través de un sistema de canal caliente.

En moldes de pisos, se montan prácticamente dos moldes en serie en el sentido de cierre. La condición previa para este tipo de moldes es una elevada cantidad de piezas relativamente fáciles, como por ejemplo piezas de forma plana. Como ventaja esencial se ha de mencionar los bajos costos de producción.

Los moldes de pisos hoy se equipan sin excepción con sistemas de canal caliente con extremadas exigencias, sobre todo en lo que al equilibrio térmico se refiere.

#### **4.4 Control de temperatura en los moldes de inyección**

Según el tipo de plástico a inyectar el molde se ha de calentar o enfriar. Esta finalidad la cumple el control de temperatura del molde. Para la transmisión térmica se utiliza normalmente agua o aceite.



Un control de temperatura óptimo es de máxima importancia. Tiene influencia directa sobre la calidad y el aprovechamiento de las piezas inyectadas.

El tipo y la ejecución del ajuste de la temperatura influye en:

- a) La deformación de las piezas. Válido sobre todo para materiales parcialmente cristalinos
- b) El nivel de tensiones propias en la pieza inyectada y su fragilidad. En caso de termoplásticos amorfos puede aumentar la formación de grietas por tensión.
- c) El tiempo de enfriamiento y el tiempo de ciclo.

La rentabilidad del molde puede ser enormemente influenciada de esta forma.

Los moldes para la inyección de termoplásticos amorfos, no son necesariamente adecuados para la inyección de materiales parcialmente cristalinos. Una mayor contracción durante el proceso, tal y como sucede con los materiales parcialmente cristalinos, se ha de compensar, en la mayoría de los casos, con una distribución de temperatura más homogénea y más intensiva. Esto exige una regulación separada, por ejemplo, en cantos o esquinas.

La distribución de temperatura no debe ser alterada por la situación de expulsores, correderas...etcétera. La máxima diferencia entre la temperatura de salida y la de entrada del medio refrigerante no debería sobrepasar los 5 K. De esta forma es prácticamente imposible que la unión en serie de varios circuitos de regulación. En la mayoría de los casos la mejor alternativa es la conexión en paralelo de estos circuitos o la aplicación de circuitos individuales con dispositivos de regulación separados.

La medida de contracción durante la elaboración es una función directa de la temperatura de la pared del molde.

Diferencias de temperatura en el molde o/y diferentes velocidades de enfriamiento son responsables de la deformación. Si se utiliza agua como medio de refrigeración, se ha de evitar la corrosión y la deposición calcárea en los canales de distribución, ya que de esta forma se reduce la intensidad de la transmisión térmica en el molde.

#### **4.5 Superficie frontal de la pieza**

Este cálculo es necesario efectuarlo al inicio del proyecto, para asegurar que la pieza podrá ser inyectada en la máquina prevista. En caso contrario se correrá el riesgo de obtener problemas de rebabas por apertura del molde e incluso dañar las columnas de la máquina.

Se determina de la siguiente manera:

- 1) Es necesario conocer el material a inyectar para determinar según las tablas la presión teórica de inyección. Aunque generalmente está entre los 300 kg/cm<sup>2</sup> y 50 kg/cm<sup>2</sup>, se puede llegar en algunos casos a los 1000 kg/cm<sup>2</sup>.
- 2) Como calcular la superficie proyectada:

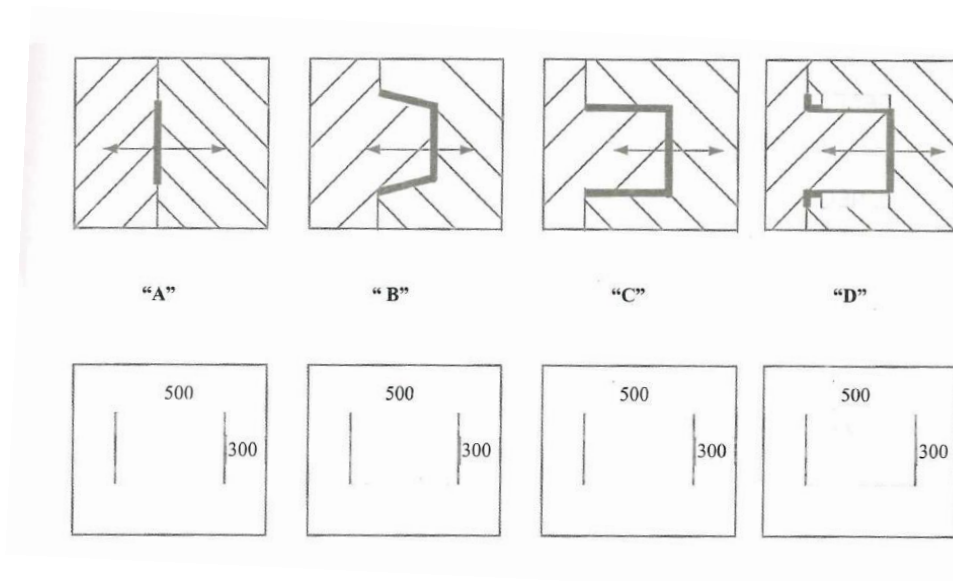


Figura 17

Para los casos A, B y C, aunque con diferentes volúmenes de pieza y forma, la superficie frontal es la misma ya que las fuerzas de los laterales se compensan. En cambio en el caso D en que la corredera tiene un esfuerzo vertical que se descompondrá en un asuma a las fuerzas frontales. De todas formas su cálculo es muy simple si tenemos en cuenta la superficie frontal de la pieza más las coladas en los moldes de cavidades múltiples efectuando el producto con la presión estimada en  $\text{kg/cm}^2$ .

P = Presión de cierre en Tn

A = Área de la sección proyectada en  $\text{cm}^2$

F = Presión interna del material estimada en Tn x  $\text{Kg/cm}^2$ .

$$\text{Presion de cierre} = P = A \times F$$

Este cálculo es una aproximación, dado que las presiones internas no son constantes, pero se pueden tomar como una media real y aproximada.



## **5. CICLO DE INYECCIÓN**

El ciclo de inyección es la secuencia de operaciones para la producción de una pieza y comprende las siguientes etapas:

- 1) Se cierra el molde vacío, mientras se tiene lista la cantidad de material fundido que se va a inyectar dentro del barril de la máquina. Normalmente, el molde se cierra en varias etapas: primero con alta velocidad y baja presión, deteniéndose antes de que hagan contacto las platinas, posteriormente se mueve a baja velocidad y baja presión hasta hacer contacto las platinas y, por último, a alta presión hasta alcanzar la fuerza de cierre necesaria para que el molde no se abra durante la inyección.
- 2) Se realiza la inyección al introducir el material mediante el tornillo, el cual actúa como un pistón (sin girar}, forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde, con una determinada velocidad y presión de inyección.
- 3) Una vez terminada la inyección, se mantiene la presión sobre el material inyectado en el molde, antes que solidifique para contrarrestar la contracción de la pieza durante su enfriamiento; esto se conoce como aplicar la presión de sostenimiento o post-presión (también conocida como presión de compactación o de recalque) y normalmente se aplican valores menores a los de inyección. Una vez que comienza a solidificar la pieza puede liberarse la aplicación de esta presión.
- 4) Se inicia el giro del tornillo, al hacerlo toma gránulos sólidos de la tolva y los funde (plastificando) con el calor generado por la fricción al girar el tornillo y por el suministrado por las bandas calefactoras. Posteriormente, hace pasar el material fundido a la parte delantera del tornillo, por lo que comienza a desarrollarse presión contra la boquilla cerrada, orillando a que el tornillo se retraiga {se mueva hacia atrás), mientras sigue girando hasta acumular (dosificar) en su parte delantera la cantidad de material fundido necesaria para la siguiente inyección. Al término de esta dosificación, el material puede descomprimirse al retroceder ligeramente el tornillo para evitar que el material se tire por la boquilla antes de ser inyectado.
- 5) El material dentro del molde continúa enfriando y transfiriendo su calor hacia el molde de donde es disipado por el líquido de enfriamiento. Una vez que ha terminado el tiempo de enfriamiento, se abren las dos partes del molde y el mecanismo de expulsión extrae la pieza.
- 6) El molde cierra de nuevo y el ciclo se repite.

### Duración del ciclo de inyección

El tiempo que tarda un ciclo, permite establecer el tiempo necesario para producir un número determinado de piezas, el costo y la rentabilidad de la producción.



Dentro de las diferentes etapas del ciclo de inyección, las etapas de cierre y apertura del molde se efectúan consumiendo siempre el mismo tiempo. La suma de estas etapas dan el tiempo de ciclo en vacío, que es una constante de la máquina y es indicada por el constructor de la misma, el cual señala el número máximo de ciclos en vacío por minuto y el tiempo de duración de un ciclo. Para conocer el tiempo total del ciclo, es preciso calcular los tiempos de las etapas restantes que varían en función de la pieza moldeada según su forma, sus características y el material plástico empleado. Dichas etapas son:

- Tiempo de Inyección
- Tiempo de aplicación de la presión de sostenimiento (o postpresión)
- Tiempo de plastificación ( $t_f$ )
- Tiempo de solidificación (o de enfriamiento)

### 5.1. Tiempo de inyección

También conocido como tiempo de llenado del molde, es el lapso necesario para que el material fundido pase desde el barril a las cavidades del molde al estar ejerciéndose la presión de inyección. Este tiempo suele abarcar desde el 5 al 25% del ciclo total.

Para calcular el tiempo de inyección, es preciso conocer el volumen del material que la maquina puede desplazar por segundo o sea la capacidad de inyección, la cual es indicada por el constructor de la máquina. Normalmente, la capacidad de inyección máxima se señala en gramos de poliestireno.

En general, mientras mayor sea la velocidad de inyección posible, esto beneficiara la calidad del producto. Existen algunos trabajos experimentales<sup>11</sup> que han buscado calcular con mayor precisión el tiempo óptimo de inyección, para lo cual se ha considerado que el material entra a la cavidad y comienza a enfriar al hacer contacto con las paredes del molde, reduciendo así el espacio a través del cual fluye este. En estos estudios, se ha observado que la capa de material solidificado es uniforme en todos los puntos en el instante en el que el frente de material fundido alcanza las partes extremas de la cavidad y en que el espesor del material solidificado es proporcional al tiempo de llenado del molde. Esta última observación puede expresarse como:

$$S = Ct^{1/3}$$

Dónde:

S = espesor de la capa de material (mm)

t = tiempo (s)

C = Constante de solidificación o enfriamiento



## 5.2. Tiempo de presión de sostenimiento

Este tiempo viene determinado por el lapso de parada del tornillo, una vez que se ha terminado la inyección. Su objetivo es evitar la formación de rechupados. En este tiempo, el tornillo actúa como pistón y empuja material adicional en el molde para compensar su encogimiento. En general, se aplica una presión más baja que la de inyección.

El tiempo y el valor de la presión de sostenimiento dependen de varios factores, como diámetro y longitud de la vena y entradas, tipo de material empleado y forma de la pieza, entre otros. Valores aproximados se obtienen por la experiencia de moldeo de piezas similares y la regulación definitiva se realiza por tanteo, si bien puede calcularse el tiempo cuando está cerrada (solidificada) la entrada, a base de pesar las piezas que se inyectan hasta que se obtiene un peso constante, o bien medir sus dimensiones hasta que ya no se presente encogimiento apreciable. Mantener la presión cuando ya están solidificadas las entradas a la cavidad hace aumentar el tiempo de ciclo innecesariamente y gastar energía extra.

El tiempo de sostenimiento se aplica hasta antes que el material solidifique totalmente y, así, poder compensar la disminución en volumen de la pieza debido a su contracción. Si se aplica un tiempo de sostenimiento excesivo, una vez que ya solidifico la pieza, provocará un desperdicio de energía.

## 5.3. Tiempo de plastificación

Es el tiempo requerido para la fusión (plastificación) del material. Se calcula a partir del peso de la(s) pieza(s), incluidos vena y canales de alimentación y de la capacidad de plastificación, en kg/hora. La capacidad de plastificación varía con el tipo de material y con la presión de retroceso aplicada. Esta capacidad suele darse por el constructor de la máquina para diversos materiales. Conocido el peso de la pieza (incluyendo vena y canales) y el tipo de material a inyectar, así como la capacidad de plastificación de la máquina (obtenida por datos suministrados por el fabricante o bien por cálculo), el tiempo de plastificación ( $t_f$ ) se obtiene por:

$$t_f(s) = \frac{\text{Peso de la pieza con canales y vena (g)}}{\text{Capacidad de plastificación } (\frac{g}{s})}$$

## 5.4. Tiempo de solidificación o de enfriamiento

Es el tiempo comprendido entre el final de la aplicación de la presión de sostenimiento y el comienzo de la apertura del molde. Es el lapso requerido para asegurar que el material fundido ha solidificado y podrá ser extraído sin ser distorsionado. Este tiempo es el más largo del ciclo, llegando a alcanzar desde 50 a 85% del ciclo total.

Este tiempo depende de varios factores:



- Del dispositivo de refrigeración del molde.
- Del líquido de refrigeración.
- De la forma y espesor de la pieza.
- Del tipo de material a inyectar.

Generalmente, este tiempo, aunque puede calcularse con exactitud, se establece en función de la experiencia en el moldeo de una pieza similar o por ensayos. Por ejemplo, se inyectan piezas, reduciendo de forma progresiva el tiempo de enfriamiento hasta que se obtengan sin distorsión apreciable. De todos modos, el tiempo mínimo de enfriamiento en el molde de una pieza inyectada puede calcularse a partir de la fórmula propuesta por Ballman y Shusman:

$$t_s = \frac{-S^2}{2\pi\Phi} \ln \left[ \frac{\pi (T_x - T_m)}{4(T_c - T_m)} \right]$$

Dónde:

$t_s$  = Tiempo mínimo de enfriamiento (s)  
 $S$  = Espesor máximo de la pieza (cm)  
 $\Phi$  = Difusividad térmica del material (cm<sup>2</sup>/s)  
 $T_x$  = Temperatura a la que se extrae la pieza (°C)  
 $T_m$  = Temperatura del molde (°C)  
 $T_c$  = Temperatura del material fundido (°C)

La difusividad térmica mide la rapidez con la que el calor se trasmite de un punto a otro en un cuerpo. La difusividad térmica viene dada por:

$$\phi = \frac{k}{\rho * C_p}$$

Dónde:

$k$  = coeficiente de conductividad térmica  
 $\rho$  = densidad  
 $C_p$  = calor específico a presión constante

El tiempo de enfriamiento, para una determinada condición de temperatura, se incrementa con el cuadrado del espesor de la pieza. Es decir, que para un espesor determinado, una temperatura de molde baja y una temperatura de extracción de la pieza alta, reducen considerablemente el tiempo de enfriamiento.

Cuando se moldean materiales termoplásticos es común encontrar que la parte del ciclo más larga corresponde al tiempo de enfriamiento en el molde. A pesar de la influencia que esta situación tiene en la productividad, la refrigeración del molde suele considerarse como algo secundario a la hora de diseñarlo. Actualmente, mediante apoyos de programas de computación es posible y fácil para el diseñador optimizar el tiempo y método de refrigeración.





La secuencia de las diferentes etapas del ciclo comprende: primero, el tiempo en que cierran las dos mitades del molde, posteriormente se comienza a inyectar el material en el molde, una vez terminado el tiempo de inyección, el material comienza a solidificar, por lo que comienza a ejercerse la presión de sostenimiento para compactar el material.

Una vez terminado este tiempo se inicia la plastificación del material para la siguiente inyección y, por último, se abre el molde para liberar la pieza, una vez terminado el tiempo de enfriamiento seleccionado. En algunas máquinas es posible realizar movimientos superpuestos, es decir, es factible realizar la función de apertura y cierre del molde, a la vez que se realiza la función de plastificación mediante el giro del tornillo. El tiempo del ciclo se reduce. La fase de solidificación se termina antes de concluir la de plastificación y, por lo tanto, la apertura del molde comienza antes que el tornillo deje de girar. En las máquinas en las que no pueden realizarse movimientos superpuestos, pueden presentarse dos tipos de ciclos totales. Uno, en el que la fase de solidificación termina después o al mismo tiempo que la fase de plastificación, por lo que el tiempo total del ciclo ( $t_t$ ) será:

$$t_t = t_v + t_i + t_s$$

Donde  $t$  es el tiempo en vacío.

Otro tipo de ciclo es en el que la fase de solidificación termina antes que la fase de plastificación, donde el tiempo total ( $t_t$ ) será:

$$t_t = t_v + t_i + t_p + t_f$$





## **6. PROYECTO BSH 2016**

El proyecto llamado internamente BSH 2016 consta de la adjudicación por parte de la factoría de BSH Esquiroz a la planta de Plásticos Brello S.A. situada en Huarte de 11 moldes de inyección repartidos en cajones tanto de congelador como de frigorífico y frontales para ambos tipos. Se prevé que dicho proyecto tenga una duración de fabricación en serie de en torno a 7 años, sin contar la producción para el servicio técnico. Tendrá un volumen de trabajo muy superior al actual, convirtiendo dicho proyecto en el principal de la empresa. Por todo ello, la importancia de una correcta planificación es primordial. En dicho proyecto se basará este documento, en los puntos que se exponen a continuación.

### **6.1. Fases del proyecto**

Todos y cada uno de los proyectos que se llevan a cabo, ya sea en la industria de la inyección de termoplásticos o en la industria de las conservas, tienen un inicio, un desarrollo y un final. Esos pasos son llamados como las **fases** de un proyecto, y el conjunto de las fases que componen un proyecto se define como el **ciclo de vida de un proyecto**. Las fases son conjuntos de actividades del proyecto relacionadas entre sí y que generalmente finalizan con la entrega de un producto parcial o completo. Éste suele ser un entregable que se transfiere al siguiente componente del ciclo de vida, el cual se verifica, se revisa y se aprueba.

El ciclo de vida de cada proyecto es diferente y rara vez se suele repetir un mismo esquema general, el cual suele estar determinado por la organización, la industria o incluso la tecnología empleada. A pesar de ello, se pueden englobar la mayoría de los proyectos en las siguientes fases:

- Inicio del proyecto
- Planificación
- Ejecución
- Cierre del proyecto

Independientemente de la organización de las fases que componga el proyecto, todas y cada una de las fases deberán tener claramente reflejados los siguientes requerimientos:

- Que trabajo técnico se deber realizar en cada fase
- Cuando se deben generar los productos entregables en cada fase y como se revisa, verifica y valida cada producto entregable
- Quien está involucrado en cada fase
- Como controlar y aprobar cada fase
- Coste de cada fase

De esta manera, en los siguientes apartados de este documento se expondrán las distintas fases que componen el ciclo de vida del proyecto llevado a cabo, analizando en cada una los requerimientos descritos sobre estas líneas.



En el caso del Trabajo Fin de Grado que se está llevando a cabo, los departamentos que intervienen son: Calidad, Ingeniería, Producción, Administración, Compras y Mantenimiento. Todos ellos tienen una labor a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Éste se compone de varias fases o etapas, pero en el caso de la industria del plástico, se compone de las siguientes:

#### Fases del ciclo de vida del proyecto

- Definición de proyecto
- Diseño inicial, validación, y diseño final
- Comprobación de factibilidad de pieza
- Definición de oferta de molde
- Adjudicación de molde de inyección
- Seguimiento de planning del molde
- Realización de documentación
- Diseño de proceso productivo
- Diseño de controles de proceso
- Realización de pautas de embalaje
- Homologación de pieza
- Producción en serie
- Cierre del proyecto

La empresa donde se lleva a cabo este documento se encarga de todas estas fases exceptuando las dos primeras, las cuales desarrolla el propio cliente.

Para definir las fases que compondrán el ciclo de vida del proyecto BSH 2016 se realizó la siguiente check-list:

		<b>CHECK LIST PARA VALIDAR CAMBIOS/NUEVA PIEZA</b>		
<b>Nombre pieza:</b>		<b>Proyecto:</b>	<b>Plano:</b>	<b>Cliente:</b>
Cajones Frigoríficos		BSH 2016		BSH
<b>Referencia:</b>		<b>Nivel de Ingeniería:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Motivo:</b>				
<b>Acción</b>		<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
Petición de Ofertas de Molde/Modificación		Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Enviado presupuesto del proyecto		Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Realización de pedido del molde/modificación		Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Planning de fabricación del molde/modificación		Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Revisión de manual de proveedores de cliente		Ingeniería		<input type="checkbox"/>



Estudio de factibilidad	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Lecciones Aprendidas chequeadas	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Recibido plano nuevo/modificado	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Legislación y Normativa aplicable a cumplir disponible	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Aplican requisitos funcionales	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Transmitida información a los diferentes departamentos	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Incluir la simbología de cliente (SC,PM,...) en aquella documentación empleada en	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Introducida la nueva referencia en el sistema ERP	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Seguimiento planning del molde/modificación	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Pedido material/componentes necesarios para la pieza	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Acondicionado molde para probar en máquina	Producción		<input type="checkbox"/>
Probado molde en la máquina/ primeras muestras	Producción		<input type="checkbox"/>
Aprobadas muestras por el cliente. <i>Fixas físicas por foto en caso de modificación</i>	Ingeniería		<input type="checkbox"/>
Avisado a facturación de la aprobación del cliente	Administración		<input type="checkbox"/>
Facturado	Administración		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pendiente	<input checked="" type="checkbox"/> Realizado	N/A	No aplica
<b>REALIZADO POR:</b>		<b>APROBADO POR</b>	<b>VERIFICADO POR</b>
<b>PROTECTOR APROBADO POR:</b>			
Resp. Operación	Resp. Producción	Resp. Logística	Resp. Calidad

Tabla 1

Una Check list es un listado de tareas donde se asignan responsables y fechas para la realización de las mismas, de manera que se realiza un seguimiento de las fases que integran un proyecto. Se lleva a cabo al inicio de cada nuevo proyecto y se cierra al final del mismo. Por lo tanto, se trata de un documento vivo, que comprende todo el ciclo de vida del proyecto.

*Así, las FASES que se desarrollarán durante la realización de la práctica en este documento y que serán realizadas por el autor del TFG serán:*

- Seguimiento de planning del molde
- Realización de estudios de llenado
- Realización de documentación



- **Diseño de proceso productivo**
- **Diseño de controles de proceso**
- **Realización de pautas de embalaje**

Las fases anteriores a los indicados y que por lo tanto a la llegada del alumno ya se han llevado a cabo, se expondrán para situar el proyecto, de manera que quede reflejado una gran parte del proyecto, exceptuando la homologación y la producción en serie, aumentando el campo que abarca el carácter didáctico de este trabajo.

## **6.2. Situación**

Tras definir las fases que compondrán el ciclo del proyecto BSH 2016 y en particular las que se van a llevar a cabo en Plásticos Brello por el autor, se dispone a emplazar el proyecto en el que trabaja el autor de este Trabajo Fin de Grado.

El proyecto definido internamente como Proyecto BSH 2016 consta de la asignación de un total de 11 moldes de inyección de plástico con destino a la factoría de BSH situada en Esquiroz. Se trata de cajones de congelador y cajones de frigorífico, compuestos por bases y frontales. Para llevar a cabo este proyecto se hará uso de dos máquinas de 1000 Tn Negri Bossi 12000 y dos Negri Bossi 800 Tn 6300, siendo todas ellas inyectoras de un único componente plástico. Este trabajo tendrá una vida industrial de unos 7 años, por lo que la importancia de las modificaciones y diseño de las instalaciones es remarcable.

La relación con el cliente no es de nueva factura, sino que ya se trabaja con él en otros proyectos pero no de esta envergadura. Los primeros contactos para este gran proyecto se sitúan Octubre de 2015. El cliente, tras un tiempo de diseño y validación, se pone en contacto con el comercial de Plásticos Brello para pedir ofertas sobre los proyectos desarrollados. Las piezas ofertadas fueron las siguientes:

- Cryspen Drawer Body Entry V600 M1363
- Drawer Body Value Hydrofresh Light 600
- Hydrofresh Drawer Front AV 2238
- Cryspen Drawer Front Entry V600 2246
- Freezer Drawer 600 Frontal 2237
- Full Open Box 600 2245
- Hydrofresh Drawer Front Value 2239
- Lower Freezer 2236
- Middle Freezer Drawer Body 600
- Upper Freezer Drawer Body 600

Para poder ofertar dichas piezas, se realiza una evaluación de la máquina necesaria, su precio horario, precio de mano de obra, precio de material, etcétera. Esta evaluación se lleva a cabo internamente entre el departamento de ingeniería y el departamento comercial.



## 7. OFERTAS

Esta es la primera fase que se lleva a cabo al inicio de un proyecto. En él toman parte los departamentos de Ingeniería / Desarrollo y Comercial. La parte perteneciente al departamento de ingeniería es la que se muestra a continuación. Se rellena un documento donde se deben especificar los siguientes apartados:

- Denominación
- Referencia
- Volumen de ventas
- Material
- Proveedor
- Peso de la pieza
- Porcentaje de operario
- Tiempo de ciclo
- Máquina necesaria
- Número de cavidades
- Precio estimado del molde
- Características del molde
- Información dimensional

Este documento se lleva a cabo una vez el comercial ha contactado con el cliente para poder ofertar la producción o el montaje (o ambas) de la pieza en cuestión. En el caso de Plásticos Brello, lo realiza el responsable de Desarrollo. El coste de esta fase es mínimo, ya que se destinan unas pocas horas a un rápido análisis de la pieza, coste que asume la empresa.

### 7.1. Análisis de horas de máquina

Primeramente se lleva a cabo un análisis de horas de máquina disponibles para trabajar, ya que no se puede ofertar algo que no se pueda fabricar, en el caso de que no se adquiriera maquinaria nueva lógicamente. De esta manera, se verifica que el proyecto ofertado puede llevarse a cabo. El siguiente documento muestra el análisis realizado

	Cantidad	Ciclo Sg	CV	Horas	Material	Máq
Upper Freezer 600	190000	40	2	1056	PP	1000
Middle Freezer Drawer Front 600	295000	40	2	1639	PP	1000
Lower Freezer Drawer 600	295000	38	2	1557	PP	1000
Freezer Drawer Front 600	785000	36	2	3925	PS	800
Hydrofresh Drawer Body 600	33400	42	1	390	PP	1000
Hydrofresh Drawer Front 600	33400	38	1	353	PS	800
Hydrofresh Drawer Body value light 600	153000	38	1	1615	PP	1000



Hydrofresh Drawer Front value light 600	153000	38	2	808	PS	800
Crisper Drawer Body Entry	101900	38	1	1076	PP	1000
Evaporator Bowl	307200	36	1	3072	PP	800
Full Open Box Body	101900	36	1	1019	PP	800

Tabla 2

Con estos datos se estudia la viabilidad del proyecto y se ajusta al funcionamiento de la planta.

En lo que respecta al departamento de ingeniería se llevaron a cabo análisis para todos los modelos, como el que se expone a continuación. En ellos se tienen en cuenta diferentes escenarios, como podría ser el caso de necesitar un montaje complementario que se pueda llevar a cabo en la misma empresa o se entrega al cliente para que lo lleve a cabo él mismo. En el caso del Hydrofresh Drawer 600 AV se supusieron tres escenarios posibles, con sus características propias.

## 7.2. 1ª Escenario

NECESIDADES PIEZA NUEVA					
Nº Cotización:	53/15	Fecha:	07/10/2015	Cliente	BSH
Información General Pieza					
Denominación de pieza		Hydrofresh Drawer Body KGN 36/39 AV - 600			
Referencia de pieza		9000982612			
Volumen de ventas anual		33400 unidades			
Mínimo de capacidad semanal		NA			
Información Material Pieza					
Material a utilizar (1)		PP			
Material a utilizar (2)					
Proveedor específico de material		Facilitado por BSH			
Precio de material (1)		1,7 € (Suministrado por BSH)			
Precio de material (2)					





Masa de la pieza	2060 gramos
Masa de bebedero	NA
<b>Información Inyección Pieza (Escenario 1)</b>	
% de Operario necesario	100%
Tiempo de ciclo	38 segundos
Tiempo de montaje	Se colocará a pie de máquina el Frontal con el embellecedor. Hay otros 4 elementos a colocar, comprobar si debemos de colocarlos nosotros
Máquina a emplear	1000 Toneladas
<b>Información Molde necesario</b>	
Número de Cavidades	1 cavidad
Cámaras calientes	Si, dos boquillas obturadas parte trasera de la pieza
Movimientos de molde	4 correderas laterales de pieza
Precio de molde	90.000 €
Plazo de realización de molde	18 semanas
Más información de molde	Molde pulido espejo Rz 0,6, grandes dimensiones debido a tamaño de pieza.
<b>Observaciones</b>	
Nivel estricto de tolerancias (SC,PM.....)	3 cotas a incluir en el PC
SPC necesarios para producción	4 cotas indicadas como SPC en plano
Ensayos requeridos	NA
Humedad piezas	NA
Insertos o elementos a comprar	NA

Tabla 3



### 7.3. 2ª Escenario

		<b>NECESIDADES PIEZA NUEVA</b>			
<b>Nº Cotización:</b>	<b>53/15</b>	<b>Fecha:</b>	<b>07/10/2015</b>	<b>Cliente</b>	<b>BSH</b>
<b>Información General Pieza</b>					
Denominación de pieza		Hydrofresh Drawer Body KGN 36/39 AV - 600			
Referencia de pieza		9000982612			
Volumen de ventas anual		33400 unidades			
Mínimo de capacidad semanal		NA			
<b>Información Material Pieza</b>					
Material a utilizar (1)		PP (Polipropileno)			
Material a utilizar (2)					
Proveedor específico de material		Facilitado por BSH			
Precio de material (1)		1,7 € (Suministrado por BSH)			
Precio de material (2)					
Masa de la pieza		2060 gramos			
Masa de bebedero		NA			
<b>Información Inyección Pieza (Escenario 2)</b>					
% de Operario necesario		50%			
Tiempo de ciclo		38 segundos			
Tiempo de montaje		Se ensambla el conjunto en la plata de Esquiroz			
Máquina a emplear		1000 Toneladas			
<b>Información Molde necesario</b>					
Número de Cavidades		1 cavidad			
Cámaras calientes		Si, dos boquillas obturadas parte trasera de la pieza			



Movimientos de molde	4 correderas laterales de pieza
Precio de molde	90.000 €
Plazo de realización de molde	18 semanas
Más información de molde	Molde pulido espejo Rz 0,6, grandes dimensiones debido a tamaño de pieza.
<b>Observaciones</b>	
Nivel estricto de tolerancias (SC,PM.....)	3 cotas a incluir en el PC
SPC necesarios para producción	4 cotas indicadas como SPC en plano
Ensayos requeridos	NA
Humedad piezas	NA
Insertos o elementos a comprar	NA

Tabla 4

#### 7.4. 3ª Escenario

		NECESIDADES PIEZA NUEVA			
Nº Cotización:	53/15	Fecha:	07/10/2015	Cliente	BSH
Información General Pieza					
Denominación de pieza		Hydrofresh Drawer Body KGN 36/39 AV - 600			
Referencia de pieza		9000982612			
Volumen de ventas anual		33400 unidades			
Mínimo de capacidad semanal		NA			
Información Material Pieza					
Material a utilizar (1)		PP			
Material a utilizar (2)					
Proveedor específico de material		Facilitado por BSH			



Precio de material (1)	1,7 € (Suministrado por BSH)
Precio de material (2)	
Masa de la pieza	2060 gramos
Masa de bebedero	NA
<b>Información Inyección Pieza (Escenario 3)</b>	
% de Operario necesario	50%
Tiempo de ciclo	38 segundos
Tiempo de montaje	Se inyecta en nueva planta a pie de BSH y se ensambla en la línea de producción de BSH Esquiroz
Máquina a emplear	1000 Toneladas
<b>Información Molde necesario</b>	
Número de Cavidades	1 cavidad
Cámaras calientes	Si, dos boquillas obturadas parte trasera de la pieza
Movimientos de molde	4 correderas laterales de pieza
Precio de molde	90.000 €
Plazo de realización de molde	18 semanas
Más información de molde	Molde pulido espejo Rz 0,6, grandes dimensiones debido a tamaño de pieza.
<b>Observaciones</b>	
Nivel estricto de tolerancias (SC,PM.....)	3 cotas a incluir en el PC
SPC necesarios para producción	4 cotas indicadas como SPC en plano
Ensayos requeridos	NA
Humedad piezas	NA
Insertos o elementos a comprar	NA

Tabla 5

Como se puede observar los precios de molde se mantienen fijos para los diferentes escenarios, lo único que cambia es el porcentaje del operario que se necesita a



pie de máquina. Con estos datos el comercial puede valorar el mercado y ofrecer una cotización al cliente.

Tras unas conversaciones entre el departamento comercial y el cliente para ajustar precios, se asignaron los proyectos a Plásticos Brello. En el caso de este proyecto se lleva a cabo un procedimiento no muy habitual, aunque no es para nada extraño, que es que el cliente asigne al inyector un moldista para que trabajen conjuntamente. La razón de esta decisión reside en que las empresas tienen varias relaciones con diferentes proveedores y tras tener algunos problemas y satisfacciones, se deciden por apostar por un proveedor conocido que responde siempre. A pesar de ello, Plásticos Brello pide cotizaciones al taller de reparación y construcción de moldes Palmer, con sede en Egües. Finalmente BSH decide apostar por los sugeridos por ellos mismos.

Así, BSH asigna a los moldistas portugueses Moldene e Imtec. El primero se hará cargo de los modelos:

- Crysper Drawer Body Entry V600 M1363
- Drawer Body Value Hydrofresh Light 600
- Hydrofresh Drawer Front AV 2238

La empresa Imtec se encargará de los restantes:

- Crysper Drawer Front Entry V600 2246
- Freezer Drawer 600 Frontal 2237
- Full Open Box 600 2245
- Hydrofresh Drawer Front Value 2239
- Lower Freezer 2236
- Middle Freezer Drawer Body 600
- Upper Freezer Drawer Body 600

Una vez asignados los moldistas, se procede a analizar la pieza conjuntamente para poder detectar posibles problemas que podrían ocurrir en la inyección o extracción. Para ello, se hacen los estudios de factibilidad de pieza.



## 8. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PIEZA

Esta es la segunda fase que se lleva a cabo. Tras realizar la oferta y que el cliente escoja la empresa por diversos factores, es hora de analizar la viabilidad del proyecto. Esta labor se realiza desde el departamento de ingeniería en colaboración con el de producción, que es quien mejor conoce los equipos. Se trata de un proceso que se lleva a cabo en unos pocos minutos entre dos personas. Se analiza la capacidad de las máquinas existentes (tonelaje, horas, dimensiones), los equipos auxiliares y los utillajes. El coste de esta fase sigue siendo mínimo, de manera que cualquier cambio en la dirección del mismo no acarrea grandes sumas de dinero.

Los estudios de factibilidad de pieza se realizan para comprobar si la empresa tiene en el instante que el cliente pide la capacidad de máquina, capacidad de utillaje, capacidad de periféricos o capacidad de deshumificadores, para el caso en que se tenga que adquirir maquinaria o equipos. Se lleva a cabo para cada pieza que se inyecta, ya que cada modelo tiene sus características tanto de humedad, como de volumen de inyección, como de necesidad de atemperado.

### 8.1. Análisis de factibilidad

Para el modelo Crysper Drawer Body Entry se llevaron a cabo los siguientes análisis de factibilidad:

- Análisis de factibilidad de máquina
- Análisis de factibilidad de deshumidificador

#### Factibilidad máquina

		Estudio factibilidad Maquina			
Nombre pieza:  Lower Freezer Drawer 600		Proyecto: Freezers	Plano: 5700 00010888 21	Cliente: BSH	
Referencia:		Nivel de Ingeniería: A 3		Fecha: 22/9/15	
Motivo: Oferta					
Acción		Responsable		Fecha	Estado
Maquina Necesaria		Ingeniería	1000	07/10/2015	<input checked="" type="checkbox"/>



Horas Necesarias estimadas	Ingeniería	1774	07/10/2015	<input checked="" type="checkbox"/>
Capacidad Maquinas actuales	Ingeniería	Sí	07/10/2015	<input checked="" type="checkbox"/>
Ofertas Maquinas	Ingeniería	NA		<input type="checkbox"/>
Adjudicación de maquina	Ingeniería	NA		<input type="checkbox"/>
Plazo entrega de Maquina	Ingeniería	NA		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pendiente <input checked="" type="checkbox"/> Realizado                 NA No Aplicable				

Tabla 6

Factibilidad de deshumidificador

		<b>Estudio Factibilidad Deshumidificador</b>			
<b>Nombre pieza:</b> Lower Freezer Drawer 600		<b>Proyecto:</b> Freezers	<b>Plano:</b> 5700 000108882 1	<b>Cliente:</b> BSH	
<b>Referencia:</b>		<b>Nivel de Ingeniería:</b> A 3		<b>Fecha:</b> 22/9/15	
<b>Motivo:</b> Oferta					
<b>Acción</b>		<b>Responsable</b>		<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
Deshumidificador		Ingeniería	Sí		<input checked="" type="checkbox"/>



Horas Necesarias estimadas	Ingeniería	1050		<input checked="" type="checkbox"/>
Capacidad Maquinas actuales	Ingeniería	Sí		<input checked="" type="checkbox"/>
Ofertas Maquinas	Ingeniería	NA		<input type="checkbox"/>
Adjudicación de maquina	Ingeniería	NA		<input type="checkbox"/>
Plazo entrega de Maquina	Ingeniería	NA		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pendiente <input checked="" type="checkbox"/> Realizado      NA No Aplica				

Tabla 7

En ambos análisis se puede observar que el proyecto se puede llevar a cabo. No se llevaron a cabo análisis de necesidad de periféricos ni utillajes puesto que los periféricos se refieren al robot que se incorpora en la máquina, el cual es el encargado de extraer la pieza de la misma, de manera que si la máquina está disponible por horas, el robot también. La necesidad de utillajes se deshecha ya que el montaje de los cajones frigoríficos se lleva a cabo manualmente y sin necesidad de ninguna máquina.

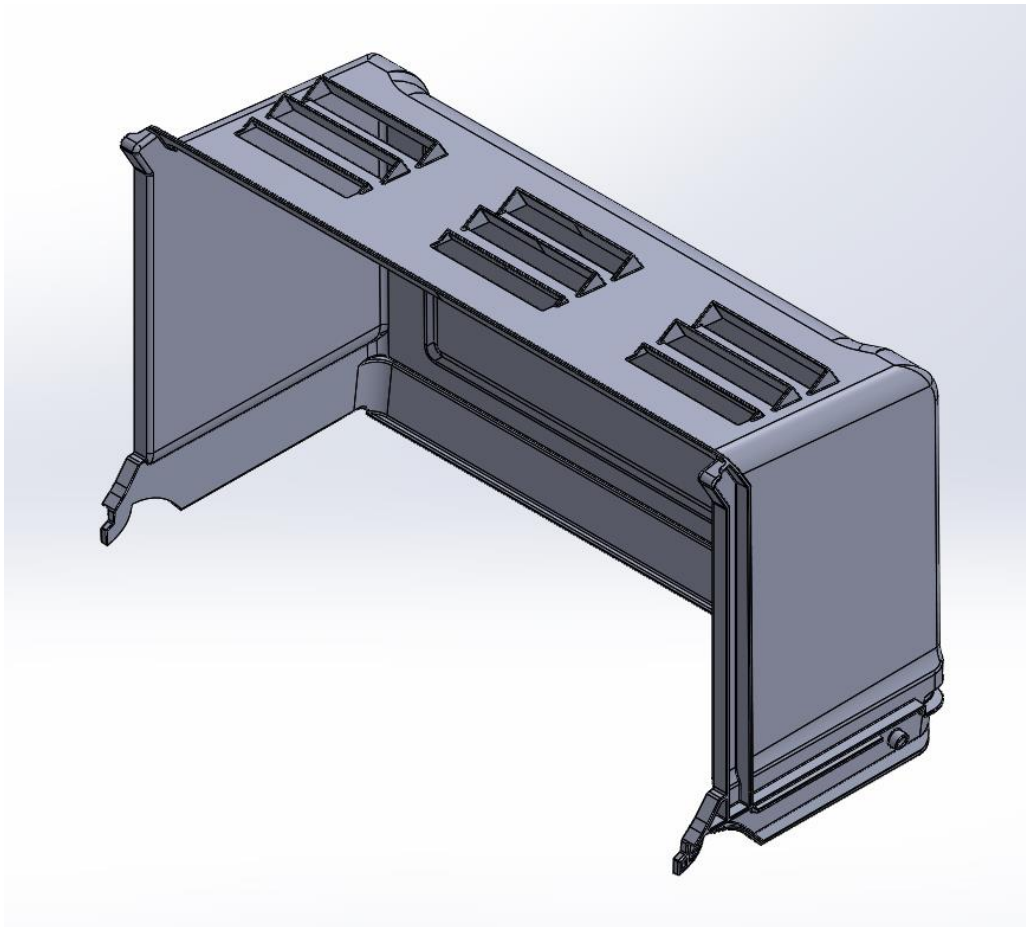
## 8.2. Análisis de contrasalidas

Las contrasalidas son aquellas partes que requieren de una dirección de desmoldeo que no es perpendicular a la línea de partición, y que por esta razón quedarían atrapadas una vez la pieza estuviera acabada.

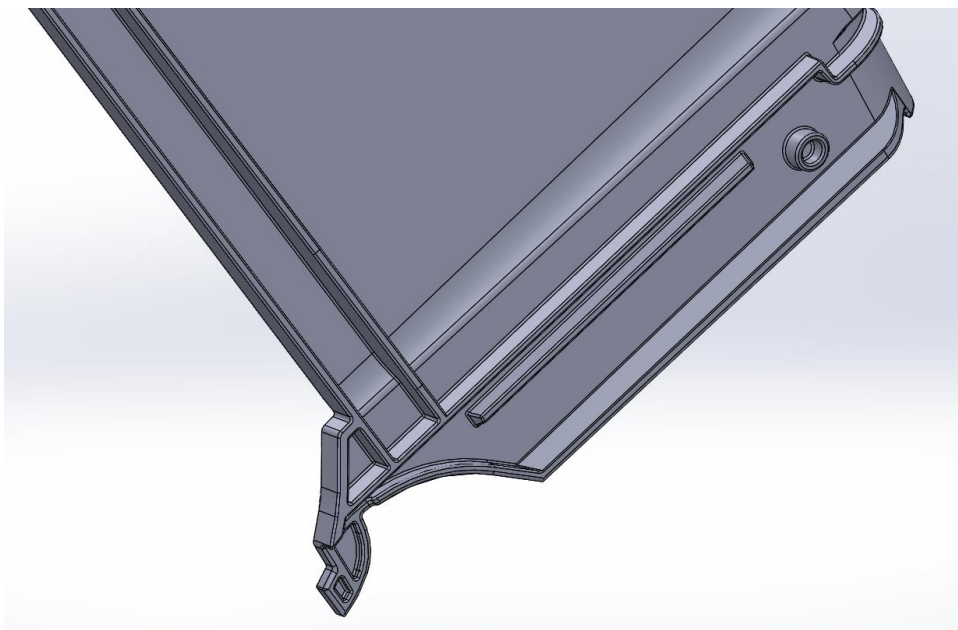
Para poder moldear estas partes lo que se hace es incorporar al molde unos carros laterales que ejercen de una especie de “machos móviles” que avanzan a la vez que se lleva a cabo el cierre del molde de tal forma que quedan en la posición necesaria.

Este análisis es de gran importancia ya que aunque se presupone que el fabricante del molde lo debe tener en cuenta para su diseño, el responsable en última instancia ante el cliente es el que encarga el molde.

En el caso del modelo del cual se están presentando los documentos realizados, el Lower Freezer Drawer 600, se debe observar la siguiente imagen.



Se puede intuir que las 9 ranuras de la parte posterior del cajón necesitaran unos desplazables para poder llevarse a cabo el desmoldeo. De la misma manera en el siguiente detalle se observa como existe un reborde que impediría el desmoldeo sin el uso de desplazables.





Por lo tanto, tras analizar la posibilidad de existencia de contrasalidas, se llega a la conclusión que serán necesarios unos desplazables para que el desmoldeo sea efectivo.



## 9. DEFINICIÓN DE OFERTA DE MOLDE

Se trata de la tercera fase del ciclo de vida del proyecto. En él habitualmente se contacta con varios moldistas para recibir cotizaciones sobre el molde que se quiere llevar a cabo. El encargado de ello sigue siendo el departamento de ingeniería, aunque dicha labor se suele compartir con el departamento de compras de la empresa. Entre ambos se contacta con distintos moldistas con los que se trabaja. Se les envía un 3D de la pieza y una serie de restricciones como puede ser el número de cavidades o el sistema de entrada (cámara caliente o no) y ellos realizan sus cálculos hasta enviar una cotización. Este es el último punto donde el coste que conlleva el proyecto es mínimo, ya que a partir de este punto se realiza el encargo del molde, el cual puede oscilar entre los 20.000 € y los 200.000 €. Tras recibir las cotizaciones, se reúnen los departamentos de ingeniería, producción, compras y comercial para valorar cual es el más apropiado.

Para que el moldista pueda realizar una oferta debe analizar varios parámetros en relación al sistema de inyección, sistema de extracción, refrigeración, etcétera. Para ello se realiza un manual de cargas, en el cual se detallan las especificaciones que deberá tener el molde.

Este documento refleja cinco puntos relevantes que se detallan profundamente para dar la máxima información posible al moldista. Comienzan con un encabezado general en el que se detallan las dimensiones generales, las inyectadas, el material, el tiempo ciclo, etcétera.

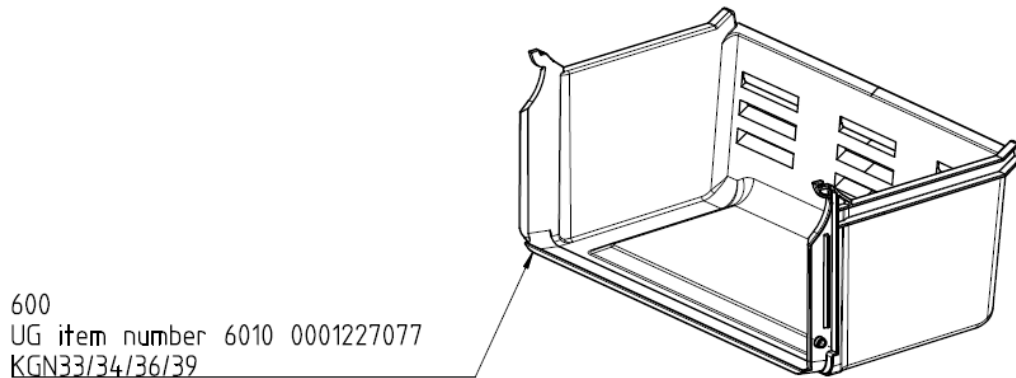
	<b>THERMOPLASTIC TOOL SPECIFICATION</b>		
<b>Planta Productiva</b>	<b>Plasticos Brello</b>		

Part Description	<b>LOWER FREEZER DRAWER BODY 600</b>	Part Reference	<b>9000934530</b>
Cavities Number	<b>2</b>	Production	
Material	<b>PP HOSTACOM</b>	Part Reference	
Ring centering diameter mold	<b>250 mm Ext.</b>	Mould Thickness	<b>Mínimo (600) Max (1300)</b>
Cycle Time	<b>36 SEC</b>	Dimensions Machine	<b>H(1250) - V(1000) Entre columnas</b>
Start Tooling Date	<b>After 3D final data</b>	Shoots	<b>1.000.000</b>
Responsable Project	<b>Dep. Ingeniería</b>	Mold Constructor	<b>IMTEC</b>

Tabla 8

## PART TO BE MANUFACTURED



## MÁQUINAS PARA PROYECTO BSH

Máquina	Nº	Denominación	Ø Husillo inyección ( mm )	volumen de inyección ( cc )	Robot	Dosificador	Distancia entre columnas ( mm )		Grueso molde ( mm )		Material a Inyectar
			1º grupo	1º grupo			H	V	min.	max.	
		Euromap				colorante					
NB - 800	12	8000 H - 6300	100	3530	Si	Si	1140	1020	400	1100	PS
NB - V 1000	19	10000 H - 12000	120	6898	Si	Si	1250	1000	600	1300	PP
NB - V 1000	20	10000 H - 12000	110	5797	Si	No	1250	1000	600	1300	PP

## Observaciones

La expulsión será hidráulica

Tabla 9



A continuación se definen las características del material que se va a utilizar para la construcción del molde, tanto los aceros como su tratamiento térmico.

1		Material [ PF= parte fija / PM = parte móvil ]													
Components / Certificates		Steel Choice								Heat Treatment / Coating					
	Standars Components HASCO	1.1730 Construction Frame	1.2311 , 1.2312 (P12) Core & Cavity Plate	Prehardened 1,2738 HH TS - Buderus / Thyssen	Prehardened 1.2714 (Clamping Inserts)	1.2343 / 1.2344 ESU (H11 ESR / H13 ESR)	1.2316	1.2083 (Parabolic inserts)	1.2767 56 HRC	Hardened [HRC]; (tol: +-1 HRC). Hardened steel minimum 3 x annealed & streses relieved	Gas Nitrided	Plasma nitrided	TiN-coated TiN	WC/C coated WC/C	PVD Cr- nitrid coated
	Standars componentes DME														
	Standard comp.														
	Springs "Special Springs"														
	"Strack Norma" Standars														
	Cylinder "Rohmeld"														
	Cylinder "Enerpac"														
	Cylinder "Vega"														
	Cylinder "Bosch" (Pneumatic)														
	Steel Quality certificate enclosed														
	Hardness / Heat treatment records														
	Coating records enclosed														
Ejection Part Frame (Box)															
Ejection Plates		X													
Core Plate PM and cavity plate PF															
Cavity Inserts fixed half PF															
Core Inserts fixed half PM															
Core and cavity for monoblock mould				X											



Parabolic inserts with optic													
Sub-Inserts PF/PM													
Mechanims - Slide			<b>X</b>							<b>X</b>			
<b>Notes:</b>													

Tabla 10

Se puede observar cómo se escogió un acero 1.1730 para los platos de expulsión. Este acero se utiliza para la construcción de piezas de montaje, placas de base, marcos de moldeo, armazones de columnas, estampas pequeñas, herramientas de mano, etcétera. Para las zonas que van a estar en contacto con el material fundido se escoge un acero al Ni-Cr-Mo pretemplado 1.2738, el cual se utiliza mucho en moldes de inyección de plásticos, por su buena capacidad de pulido y fotograbado.

Finalmente se especifica el material de los mecanismos desplazables, el cual será un acero 1.2738 pero con tratamiento de nitrificación para aumentar la dureza superficial.

Tras especificar el material a utilizar se detalla el acabado superficial del mismo.

<b>2 Surface Finish (acc. DIN ISO 1302)</b>					
Finishing on Moving Side			Finishing on Fixed Plate		
	MS Diamond Polished	Qual: Ra < 0,01 $\mu$		MS Diamond Polished	Qual: Ra < 0,01 $\mu$
	MS Polished	Qual: Ra < 1,6 $\mu$		MS Polished	Qual: Ra < 1,6 $\mu$
	MS linearly Polished	Qual: Ra < 0,4 $\mu$		MS linearly Polished	Qual: Ra < 0,4 $\mu$
	MS sansblasted	Qual: Ra < 7 $\mu$		MS sansblasted	Qual: Ra < 7 $\mu$
	MS Textured			MS Textured	
	Ejector coated PVD - WC/C			Ejector coated PVD - WC/C	
<b>Notes:</b>		<b>ACCORDING TO BSH REQUEST = RZ 0,6</b>			

Tabla 11

Se observa como no se escoge una opción de las que aparece, sino que se especifica que el acabado superficial deber corresponder al pedido por el cliente, que tendrá un valor de rugosidad media  $R_z = 0,6$ .

<b>4</b>	<b>Injection : Gate system / Type</b>
----------	---------------------------------------








	With Cold Sprue Gate	Nº Gate/Cavity		With hot runners systems	Nozzle Nº/Cav
	"Film" Gate			Nozzle (on cavity) & Needle shutoff	
	"Tunnel" Gate			Nozzle (part line) & Needle shutoff	
	"Banana" Gate			Hot Sprue (parting line) & manifold	
	Injection gate to be provide on insert			Hot Sprue on cold runner % needle shutoff valve	
5	Dimension of gate mm			Single sprue on cold runner on mould centre	
R 19	Spherical radios (Production)			With HRS Inglass hot runners	
	Mold Flow Analysis done by PB			With Mold Masters hot runners	
	Mold Flow analysis required to Mold Supplier			With other brand:	
	Warpage analysis required			With sequential gating	
	Cooling analysis required				
	Injection gate to be provide on insert				
	Gate position already approved by customer				
	Customer approved direct gating on cavity				
	Notes:	Electroválvulas de secuencial en el molde			

Tabla 12

En la anterior tabla se detalla el diámetro de los orificios de entrada a la cavidad (de 5 mm), el radio de la boquilla (19 mm), la necesidad de un análisis MoldFlow de llenado de la cavidad para observar cómo se va a comportar la pieza tras ser inyectada (deformaciones, tensiones, líneas de soldadura...) y finalmente la necesidad de una inyección secuencial mediante electroválvulas.

Para terminar se definen las diferentes conexiones que se van a utilizar en el funcionamiento del molde: Hidráulicas, neumáticas, eléctricas y de refrigeración.

5		Connections	
5,1		Water Connections	
			
5,2		Valve Gate Pneumatic connections	
		Conector rápido Legris serie 21	
			
5		Connections	
5,3		Limit Switches connections	
			
5,4		Electrical Connections	
			
		Harting Han 10 E male insert ( resistencias )	


	Harting Han 10 E female insert ( termopares )	
	Harting Han 16 E male insert ( resistencias )	
	Harting Han 16 E female insert ( termopares )	
	Harting Han 32 E male insert ( resistencias )	
	Harting Han 32 E female insert ( termopares )	
<b>5,5</b>	<b>Hydraulic Connections</b>	
	Stucchi M - BIR 12 BSP ( M = male / macho ) Noyo entrar	
	Stucchi F - BIR 12 BSP ( F = female / hembra ) Noyo salir	
	Stucchi M - BIR 38 BSP ( M = male / macho ) <b>Expulsión</b>	
	Stucchi F - BIR 38 BSP ( F = female / hembra ) <b>Expulsión</b>	

Tabla 13

Con todos estos datos el moldista es capaz de realizar un estudio inicial y realizar una cotización inicial para entrar en la puja por fabricar el molde. En el caso de este proyecto no se tienen ofertas de otros moldistas, por lo que se intenta ajustar el precio en base a lo que el moldista oferta.

Tras esto, se adjudica el molde al moldista para que inicie el diseño en profundidad del molde, en lo que se llama la adjudicación de molde. Una vez que el molde se lanza, se pasa al siguiente punto del proyecto, el seguimiento del Planning.





## **10. SEGUIMIENTO DE PLANNING DE MOLDE**

Se trata de la cuarta fase del ciclo de vida del proyecto. A pesar de ser la cuarta, no es una fase que dé pie al inicio de otra fase directamente, sino que se trata de un proceso constante en el que hay que analizar todos y cada uno de los pasos que se llevan a cabo en la realización del molde. Para la exposición de esta labor se va a documentar toda incidencia ocurrida en el transcurso de la fabricación de los moldes. Este proceso no representa un elevado coste directo, más que la mano de obra de quien lo realiza, pero un fallo en la revisión del proceso podría acarrear pérdidas por valor de cientos de miles de euros, cuyo responsable es en última instancia Plásticos Brello.

Es indispensable un seguimiento del planning de realización de un molde para poder cumplir con los plazos dados por el cliente. No incumbe solamente la fabricación del molde sino también la puesta a punto del mismo. En ocasiones una falta de atención en este punto conlleva la realización de un molde con defectos que generan pérdidas de gran cuantía a la empresa.

El encargado de este proceso es el departamento de ingeniería y en este caso, el autor del trabajo junto con el tutor asignado en la empresa. Para situar la labor realizada por el autor de este documento, Joseba Vizcay, se procede a indicar la fecha de lanzamiento de los moldes de este proyecto y su situación en la fecha de inicio de las prácticas, el 16 de Febrero de 2016.

### **10.1 Situación a llegada**

En las fechas 23 y 24 de Noviembre de 2015 se realizaron reuniones entre el cliente, Plásticos Brello y los moldistas, para definir los pormenores del proyecto.

#### **10.1.1. Crisper Drawer Body Entry V600 M1363**

Tras realizar el meeting el 23 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 16 de Diciembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 6/1/2016 se recibe una presentación por parte de Moldene sobre la colocación y el planteamiento de este molde.

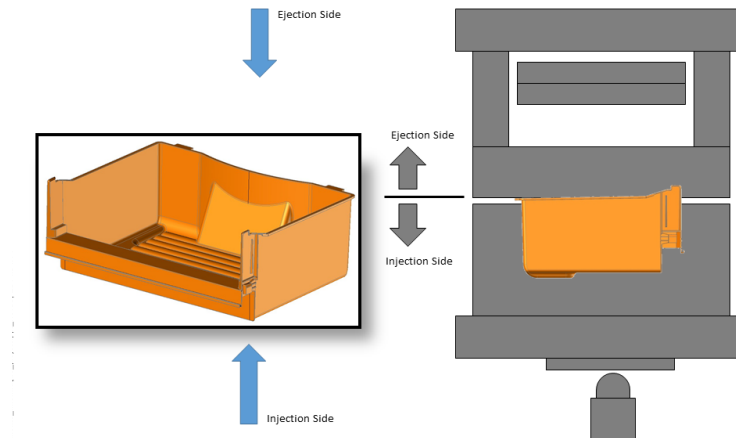


Figura 18

El 20/1/2016 Moldene propone dos modificaciones sobre el diseño del cajón. Se confirma desde BSH que una es un error del 3D y se deniega la otra.

El 21/1/2016 Moldene propone otra variación del diseño pero BSH lo deniega.

El 22/1/2016 se recibe un moldflow por parte de Moldene. Se observa que el funcionamiento de las boquillas no es secuencial, por lo que se comenta con Moldene y BSH. Se decide que tienen que ser secuenciales, y se encarga otro estudio de llenado.

#### 10.1.2. Hydrofresh Drawer Body Value Light 600

Tras realizar el meeting el 23 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 16 de Diciembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 22/12/2015 se recibe una presentación por parte de Moldene sobre la colocación y el planteamiento de este molde.

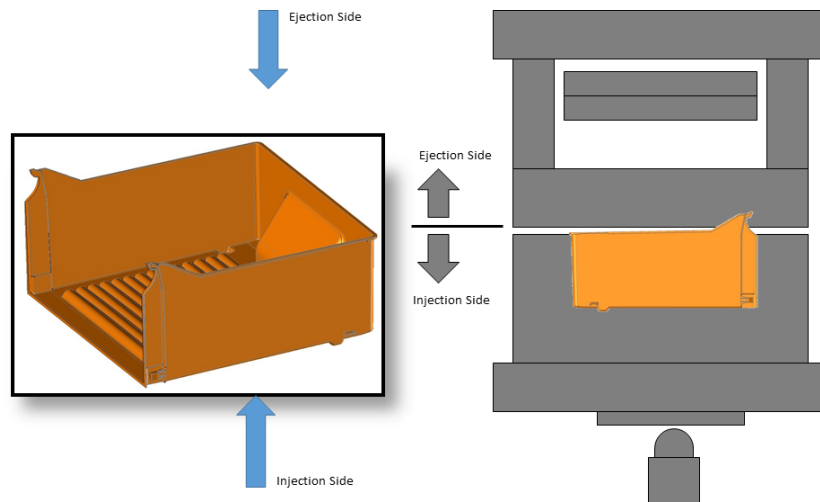


Figura 19

El 6/1/2016 Moldene envía el anteproyecto de este molde (2D y 3D).

El 22/1/2016 se recibe un moldflow por parte de Moldene. Se observa que el funcionamiento de las boquillas no es secuencial, por lo que se comenta con Moldene y BSH. Se decide que tienen que ser secuenciales, y se encarga otro estudio de llenado.

El 1/2/2016 se recibe el primer planning del molde.

### 10.1.3. Hydrofresh Drawer 600 AV

Tras realizar el meeting el 23 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 16 de Diciembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 22/12/2015 se recibe una presentación por parte de Moldene sobre la colocación y el planteamiento de este molde.

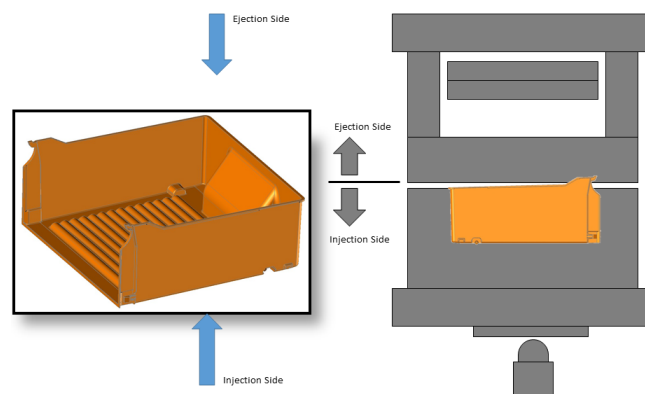


Figura 20



El 4/1/2016 Moldene envía el anteproyecto de este molde (2D y 3D). El 12/1/2016 se comenta a Moldene que el espesor del molde debe ser igual al Hydrofresh Light 600 (919.5 mm).

El 19/1/2016 Moldene envía un estudio de llenado.

El 15/2/2016 Moldene envía los 3D semi-finales.

#### **10.1.4. Hydrofresh Drawer Front AV 2238**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 28 de Noviembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 7/12/2015 se recibe el 2D de este molde por parte de Imtec.

El 10/12/2015 se recibe el primer estudio de moldflow. Se observa una deformación de 4.5 mm. Se cree excesiva y se pide otro estudio. Se recibe respuesta con otro estudio que no reduce la deformación sino que la aumenta a 5 mm. Finalmente se acepta el último estudio de moldflow que arroja una deformación de 3.2 mm.

El 21/1/2016 se recibe el anteproyecto del molde y se da el OK para iniciar la mecanización.

#### **10.1.5. Crisper Drawer Front Entry V600 2246**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 22 de Diciembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 8/1/2016 se recibe el 2D de este molde por parte de Imtec.

El 21/1/2016 se recibe el primer estudio de moldflow. Se da por válido ya que apenas tiene deformaciones. Normalmente los frontales tienden a tener deformaciones menores porque la mayor parte de su geometría se trata de una única superficie plana.

El 25/1/2016 pide rehacer el estudio moldflow dado que se pide que se haga la inyección con un único punto de inyección. Se recibe el 2/2/2016 y se da por bueno por BSH.





#### **10.1.6. Freezer Drawer 600 Frontal 2237**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 28 de Noviembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 7/12/2015 se recibe un 2D de este molde por parte de Imtec.

El 12/12/2015 se recibe el primer estudio de moldflow. Se observa una deformación de 3 mm y se da por bueno.

El 14/1/2016 se recibe el 3D del molde y se observa que la conexión eléctrica y la de agua de refrigeración están en el mismo lado del molde. Se pide colocar las conexiones eléctricas en lo alto del molde y las hidráulicas en un lateral, para evitar riesgos por fugas de agua. Se rediseña el molde y se recibe el anteproyecto el 21/1/2016 para el OK final. Se accede.

#### **10.1.7. Full Open Box 600 2245**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 23 de Diciembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 11 /1/2016 se reciben varios planos 2D de este molde por parte de Imtec. Se observa que el molde cumple con la dimensión de anchura acordada (se acuerda una anchura de 896 mm y un espesor de 853 mm para todos los moldes de los frontales para permitir utilizar anclajes para cambios rápidos de moldes) pero no la dimensión de espesor, que es de 743 mm. Se comenta con el moldista y se llega a la conclusión que es mejor engrosar el molde para agilizar los cambios de molde, sin sobre coste sobre el precio inicial del molde.

El 21/1/2016 se recibe el estudio moldflow del Full Open Box. Se da por válido.

El 22/1/2016 se recibe el anteproyecto con los primeros 3D del molde. BSH observa que de los tres puntos de inyección dos se sitúan en los extremos del cajón donde en un futuro podría ir apoyado un cristal. Dado que podría haber problemas, se pide que se coloquen en la misma superficie donde está situado el punto de inyección central.



#### **10.1.8. Hydrofresh Drawer Front Value 2239**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 28 de Noviembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 7/12/2015 se recibe el 2D de este molde por parte de Imtec.

El 10/12/2015 se recibe el primer estudio de moldflow. Se observa una deformación de 3.8 mm. Se cree excesiva y se pide otro estudio. Se recibe respuesta con otro estudio que no reduce la deformación sino que la aumenta a 5 mm. Finalmente se acepta el último estudio de moldflow que arroja una deformación de 2.8 mm.

El 21/1/2016 se recibe el anteproyecto del molde y se da el OK para iniciar la mecanización.

#### **10.1.9. Middle Freezer Drawer Body 600**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 30 de Noviembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El día 2/12/2015 se recibe el 2D de este molde por parte de Imtec.

El 5/12/2015 se recibe el primer estudio de moldflow. Se estudia y se observa que las deformaciones sobre el cajón son excesivas, de hasta 22 mm, superiores al modelo Upper. Se pide una revisión de temperaturas de molde, temperatura de inyección, temperatura de refrigeración y conductos de refrigeración. Se recibe una optimización el 10/12/2015 y los resultados no son completamente satisfactorios. Se pide otra revisión. Finalmente se acepta el estudio de Moldflow.

El 30/12/2015 se recibe el anteproyecto del molde. Se revisa y se da el OK para comenzar el mecanizado del mismo.

#### **10.1.10. Upper Freezer Drawer Body 600**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 27 de Noviembre:



- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El 28/11/2015 se recibe el anteproyecto de este molde por parte de Imtec. Se revisa y se detecta que la expulsión se realiza por barra, lo que no era deseable, por lo que se solicita que sea hidráulica.

El 2/12/2015 se recibe la revisión del anteproyecto recibido anteriormente con la modificación de la expulsión.

El 4/12/2015 se recibe el primer estudio de moldflow. Se estudia y se observa que las deformaciones sobre el cajón son excesivas, de hasta 14 mm. Se pide una revisión de temperaturas de molde, temperatura de inyección, temperatura de refrigeración y conductos de refrigeración. Se recibe una revisión del mismo tras unos comentarios desde BSH para optimizarlo el 22/12/2015 y se da por bueno.

El 22/01/2016 se recibe el anteproyecto del molde. Se revisa y se da el OK para comenzar el mecanizado del mismo.

#### **10.1.11. Lower Freezer 2236**

Tras realizar el meeting el 24 de Noviembre, se traslada la siguiente información al moldista para la realización del anteproyecto a fecha 27 de Noviembre:

- Manual de cargas
- Hojas técnicas de las máquinas de inyección
- Hojas técnicas del material plástico a inyectar
- Datos fiscales

El 2/12/2015 se recibe el 2D de este molde por parte de Imtec.

El 4/12/2015 se recibe el primer estudio de moldflow. Se estudia y se observa que las deformaciones sobre el cajón son excesivas, de hasta 12 mm. Se pide una revisión de temperaturas de molde, temperatura de inyección, temperatura de refrigeración y conductos de refrigeración.

El 16/12/2015 se recibe un correo desde BSH diciendo que el diseño se va a ver alterado por lo que se paraliza el proyecto hasta Enero 2016.



## **10.2 Seguimiento realizado**

En los siguientes apartados se detalla el desarrollo de cada producto y las acciones tomadas.

### **10.2.1. Crisper Drawer Body Entry V600 M1363**

El 24/02/2016 se recibe el estudio de llenado requerido. Se estudia y se observa que las deformaciones que tiene el cajón son demasiado grandes (de hasta 9.4 mm) y se pide que se reestudie la refrigeración y los parámetros de ensayo.

El 1/3/2016 se recibe dicho estudio. Se observa que las deformaciones han mejorado hasta 3.8 mm, pero mirando más en detalle se ve que el estudio no es válido. Se ha aumentado en 10 segundos tanto el tiempo de sostenimiento como el de refrigeración, aumentado el tiempo ciclo en 20 segundos, lo que no es viable. Se comenta con el moldista y envía una revisión el 4/3/2016. Se remite este estudio al cliente y éste paraliza el proyecto con estas deformaciones. Se remite al plano inicial donde se especifica que las zonas críticas del molde (donde las deformaciones son superiores) deberán ser de CuBe (Cobre Berilio), lo cual ayuda a la refrigeración. Tras intercambios de opiniones entre el cliente, el moldista y Plásticos Brello, se pide al moldista estudiar realizar contradeformaciones en el diseño del molde para contrarrestar las deformaciones posteriores.

El 11/04/2016 se recibe del moldista el último estudio de llenado mejorado, en el que se incluye la nueva zona de CuBe frontal. Se analiza y se envía al cliente para que lo vea. El cliente responde diciendo que a pesar de que los resultados han mejorado, solamente aceptarán piezas que se ajusten al plano, por lo que Plásticos Brello es responsable de conseguir piezas buenas. Se pide que se vuelva a estudiar el inserto de CuBe y la refrigeración para conseguir piezas correctas.

El 18/04/2016 el moldista envía un estudio en el que la zona frontal donde se sitúa el inserto de CuBe muestra una deformación en torno a 1.5 mm, por lo que se aprueba el último modelo a expensas de que los resultados tras inyectar sean correctos, puesto que el material empleado en el estudio no se corresponde con el real y al fin y al cabo se trata de una simulación.

El 21/04/2016 el moldista comenta que las pruebas planificadas para la semana 18-19 se retrasaran mínimo hasta la semana 20, por unos problemas con los proveedores que taladran los moldes.

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

El 6/05/2016 el moldista informa que sus pruebas de la semana 19 se cancelan. Se compromete a enviar piezas inyectadas por ellos mismos a finales de la semana 20, para las pre-series de BSH de fecha 4/06/2016.



### **10.2.2. Hydrofresh Drawer Body Value Light 600**

El 17/02/2016 se recibe el 3D semi-final del molde.

El 18/02/2016 se recibe un 3D de la pieza donde se pide que se estudien las marcas que van a quedar por el uso de insertos y desplazables.

El 24/02/2016 se recibe el 3D final del molde y un estudio de llenado completo. Se revisa el estudio y las deformaciones van hasta 7.8 mm, lo que es inadmisibile. Se pide revisión del mismo.

El 4/03/2016 el moldista contesta que el sistema de refrigeración esta OK y que las mejoras deberán de llevarse a cabo en máquina.

El 9/03/2016 BSH contesta que con esas deformaciones el molde no se realizará. Exige mejoras.

El 21/03/2016 Se pide estudiar la refrigeración con otra orientación, en vez de horizontal vertical, e incluso se pide estudiar la idea de rediseñar el 3D de la pieza para que la pieza salga inyectada a plano.

El 25/03/2016 se notifica que las deformaciones resultantes tienen en cuenta la contracción del material en el molde, lo que habrían hecho incrementar los valores en 3.75 mm. Por lo tanto, los estudios son correctos y se empieza la mecanización del molde.

El 7/04/2016 se confirma que las pruebas del molde se llevarán a cabo la semana 18, 2/05/2016, y no la semana 14 como estaba planificado.

El 11/04/2016 se recibe del moldista el último estudio de llenado mejorado. Se analiza y se envía al cliente para que lo vea. El cliente responde diciendo que a pesar de que los resultados han mejorado, solamente aceptarán piezas que se ajusten al plano. Dado que el material empleado en el estudio no se corresponde con el real y se trata de una simulación, se espera que los resultados finales sean satisfactorios.

El 21/04/2016 el moldista comenta que las pruebas planificadas para la semana 18-19 se retrasaran mínimo hasta la semana 20, por unos problemas con los proveedores que taladran los moldes.

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

El 6/05/2016 el moldista informa que sus pruebas de la semana 19 se cancelan. Se compromete a enviar piezas inyectadas por ellos mismos a finales de la semana 20, para las pre-series de BSH de fecha 4/06/2016. Finalmente dichas inyecciones se llevan a cabo a finales de la semana 21, llegando las primeras muestras y las muestras para las preseries de BSH a mediados de la semana 22, justo para cumplir con la fecha del 3/06.



### **10.2.3. Hydrofresh Drawer 600 AV M1361**

El 17/02/2016 se recibe el 3D de la pieza y del molde para ver las marcas que dejarán los insertos y los desplazables.

El 24/02/2016 se recibe el 3D final del molde y un estudio de llenado completo. Se revisa el estudio y las deformaciones van hasta 8.3 mm, lo que es inadmisibile. Se pide revisión del mismo.

El 4/03/2016 el moldista contesta que el sistema de refrigeración esta OK y que las mejoras deberán de llevarse a cabo en máquina.

El 9/03/2016 BSH contesta que con esas deformaciones el molde no se realizará. Exige mejoras.

El 21/03/2016 Se pide estudiar la refrigeración con otra orientación, en vez de horizontal vertical, e incluso se pide estudiar la idea de rediseñar el 3D de la pieza para que la pieza salga inyectada a plano.

El 25/03/2016 se notifica que las deformaciones resultantes tienen en cuenta la contracción del material en el molde, lo que habrían hecho incrementar los valores en 3.75 mm. Por lo tanto, los estudios son correctos y se empieza la mecanización del molde.

El 7/04/2016 se confirma que las pruebas del molde se llevarán a cabo la semana 18, 2/05/2016, y no la semana 14 como estaba planificado.

El 11/04/2016 se recibe del moldista el último estudio de llenado mejorado. Se analiza y se envía al cliente para que lo vea. El cliente responde diciendo que a pesar de que los resultados han mejorado, solamente aceptarán piezas que se ajusten al plano. Dado que el material empleado en el estudio no se corresponde con el real y se trata de una simulación, se espera que los resultados finales sean satisfactorios.

El 21/04/2016 el moldista comenta que las pruebas planificadas para la semana 18-19 se retrasaran mínimo hasta la semana 20, por unos problemas con los proveedores que taladran los moldes.

El 6/05/2016 el moldista informa que sus pruebas de la semana 19 se cancelan. Se compromete a enviar piezas inyectadas por ellos mismos a finales de la semana 20, para las pre-series de BSH de fecha 4/06/2016.

Finalmente dichas inyecciones se llevan a cabo a finales de la semana 21, llegando las primeras muestras y las muestras para las preseries de BSH a mediados de la semana 22, justo para cumplir con la fecha del 3/06.

Pese a que el moldista se ha retrasado en todos los plazos fijados, las primeras muestras recibidas muestran un gran resultado en cuanto a acabado del molde. Las deformaciones (aunque no se aprecia) de las alas son muy grandes, pero dicha deformación puede provenir del transporte. Por ello, se espera a que el molde esté en Brello para valorar su estado.

Se realizan los conjuntos necesarios para las preseries sin mayores dificultades.



**Figura 21**

Pese a que el moldista se ha retrasado en todos los plazos fijados, las primeras muestras recibidas muestran un gran resultado en cuanto a acabado del molde. Las deformaciones (aunque no se aprecia) de las alas son muy grandes, pero dicha deformación puede provenir del transporte. Por ello, se espera a que el molde esté en Brella para valorar su estado.

Se realizan los conjuntos necesarios para las preseries sin mayores dificultades.

#### **10.2.4. Hydrofresh Drawer Front AV 2238**

El 4/03/2016 se confirma que la prueba del molde en Portugal se retrasa de la semana 12 a la semana 13, resultando la prueba los días 29 y 30 de Marzo.

El 16/03/2016 se recibe el planning del molde actualizado.

Los días 29 y 30 de Marzo se llevan a cabo las pruebas de los moldes:

- Upper Freezer Drawer Body
- Middle Freezer Drawer Body
- Freezer Drawer Cover
- Drawer front Value
- Drawer front AV

Resultados:

- Inyección compensada en el molde



**Figura 22**

- Acciones vistas a mejorar en el molde:
  - Dar salida en general a las paredes de la pieza, tiende a quedarse en el molde y se notan pequeñas zonas de rotura en el frontal.



**Figura 23**



- Rebaba en el asa parte de abajo y parte de arriba (zona central)

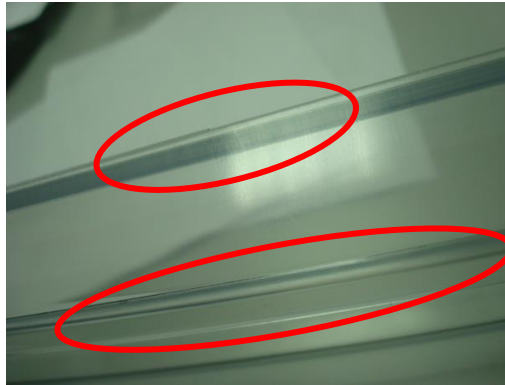


Figura 24

- Zona amarre (cuadrado, demasiado arrastre) y deformación de expulsión.

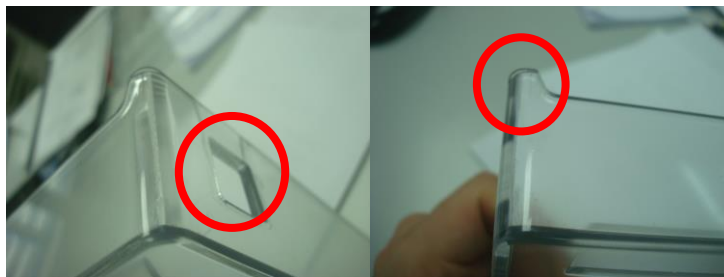


Figura 25

El 13/04/2016 el moldista envía las propuestas de los fechadores para los moldes 2237,2238 y 2239. Según las fotografías adjuntas los fechadores son de D=6mm. En el caso del frontal del congelador el tamaño del patín es de tan solo 14mm. El cliente comenta que en ese espacio ubicar dos fechadores no es una buena opción y propone un único fechador con el siguiente formato, en el que se unifica el año y el mes en un único cuño:



Figura 26

El 18/04/2016 se recibe la modificación de la propuesta de fechadores y se aprueba por el cliente a fecha 19/04/2016.

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

Ref Intec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 14

El 25/04/16 se reciben muestras inyectadas por el moldista tras reajustar el molde. Se observa que no se ha llegado a ajustar debidamente, ya que se encuentran rebabas en la zona del asa tanto en la cavidad 1 como en la cavidad 2. En la parte superior de este frontal sigue existiendo una rebaba que no se ha eliminado. Se observa un posible fallo de ajuste de cierre tanto en la cavidad 1 como en la 2.

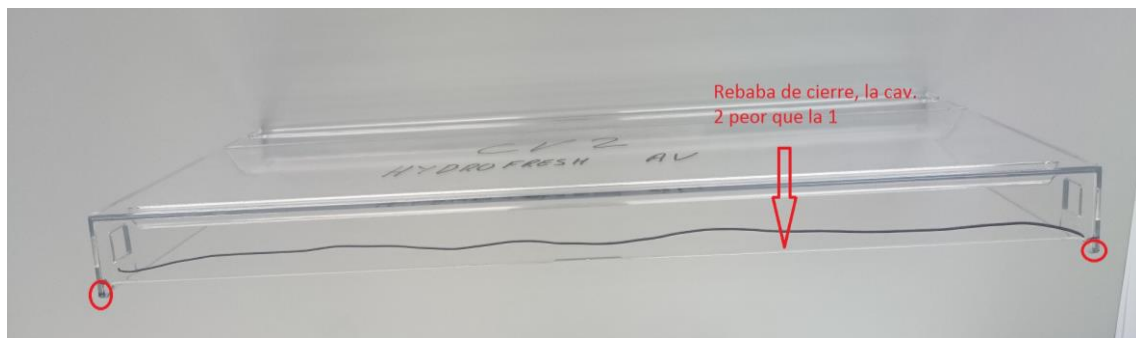


Figura 27

En las pruebas llevadas a cabo en las fechas 10, 11 y 12 de Mayo de 2016 se observa que las rebabas que se muestran de la prueba anterior no se han solucionado, y que además se marca el tapón de un canal de refrigeración, mas ligeramente que en caso del Hydrofresh Value, pero que tendrán que solucionar.



Figura 28

En fecha 31/05/2016 el molde llega a Plásticos Brello. Se realizan inyecciones y los resultados obtenidos resultan muy satisfactorios, salvo pequeños ajustes finales que se llevarán a cabo en Portugal.

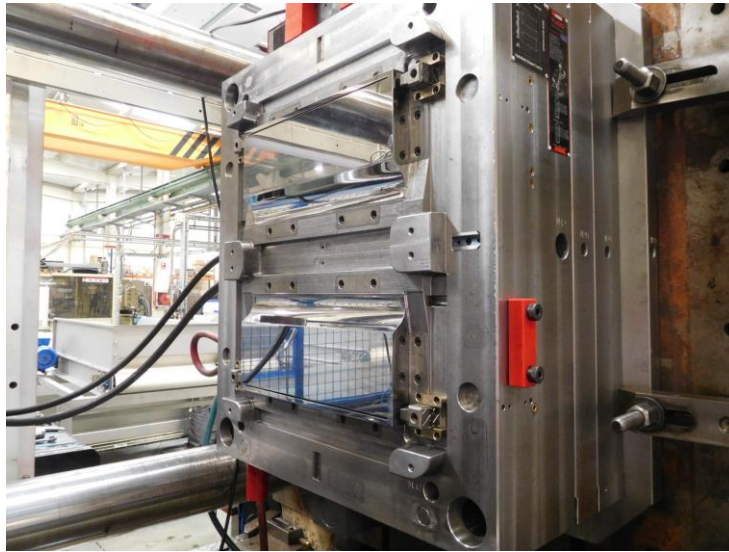


Figura 29

Se realizan las preseries para BSH de fecha 4/06/2016 sin mayores dificultades.

### 10.2.5. Crisper Drawer Front Entry V600 2246

El 16/3/2016 se recibe el planning del molde actualizado. Se revisa y se observa que se está llevando con cierto retraso.

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

Ref Intec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 15

En las pruebas que se realizan finalmente en fechas 10, 11 y 12 de Mayo de 2016 se observa que al desmoldear se rajaba la pieza porque se agarraba en el molde, detalle que se tendrá que reparar. A pesar de ello, el frontal parece correcto, a falta de pulir el molde para un efecto cristal.

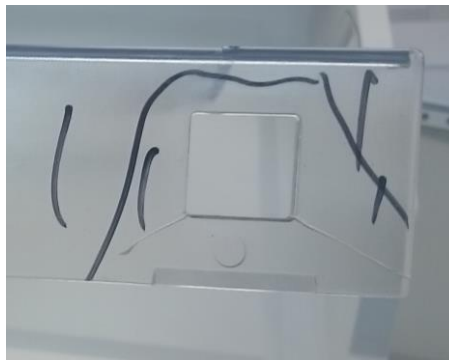


Figura 30

### **10.2.6. Freezer Drawer 600 Frontal 2237**

El 4/03/2016 se confirma que la prueba del molde en Portugal se retrasa de la semana 12 a la semana 13, resultando la prueba los días 29 y 30 de Marzo.

El 16/03/2016 se recibe el planning del molde actualizado.

Los días 29 y 30 de Marzo se llevan a cabo las pruebas de los moldes:

- Upper Freezer Drawer Body
- Middle Freezer Drawer Body
- Freezer Drawer Cover
- Drawer front Value
- Drawer front AV

Resultados:

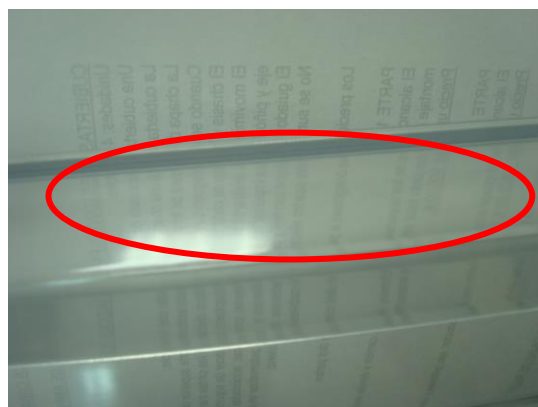
- La inyección parece compensada



**Figura 31**

- Acciones vistas a mejorar en el molde:

-Dar salida en general a las paredes de la pieza, tiende a quedarse en el molde y se notan pequeñas zonas de rotura en el frontal.



**Figura 32**

-Rebaba en el asa parte de abajo y parte de arriba (zona central)



Figura 33

El 13/04/2016 el moldista envía las propuestas de los fechadores para los moldes 2237, 2238 y 2239. Según las fotografías adjuntas los fechadores son de  $D=6\text{mm}$ . En el caso del frontal del congelador el tamaño del patín es de tan solo 14mm. El cliente comenta que en ese espacio ubicar dos fechadores no es una buena opción y propone un único fechador con el siguiente formato, en el que se unifica el año y el mes en un único cuño:



Figura 34

El 18/04/2016 se recibe la modificación de la propuesta de fechadores y se aprueba por el cliente a fecha 19/04/2016.

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

Ref Intec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 16



El 25/04/16 se reciben muestras inyectadas por el moldista tras ajustar el molde. Se observa que tiene rebaba de cierre en toda la figura y también un ligero escalón en la parte trasera del frontal en ambas esquinas.

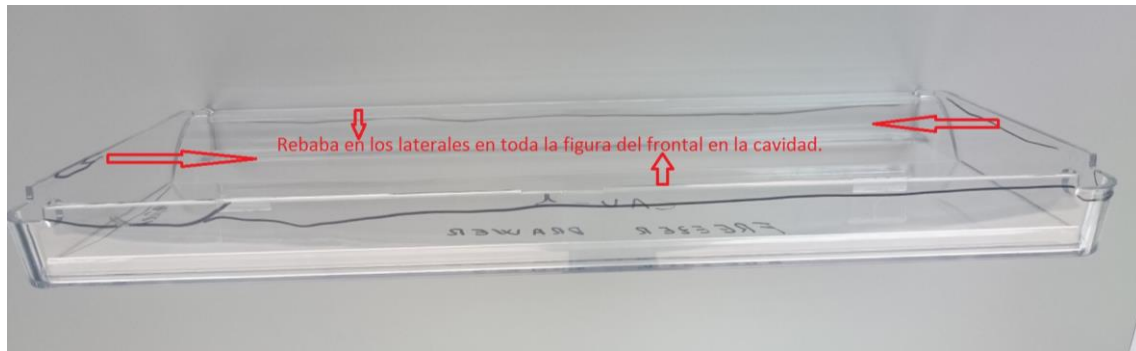


Figura 35

En fecha 31/05/2016 el molde llega a Plásticos Brello. Se realizan inyecciones y los resultados obtenidos resultan muy satisfactorios, salvo pequeños ajustes finales que se llevarán a cabo en Portugal.



Figura 36

Se realizan las preseries para BSH de fecha 4/06/2016 sin mayores dificultades.

### 10.2.7. Full Open Box 600 2245

El 23/02/2016 se recibe el planning del molde actualizado.

El 17/03/2016 el moldista manda propuesta para la colocación de unos manifolds de refrigeración. Se trata de un nuevo sistema para unificar todas las salidas y todas las entradas que simplificaría la labor en el cambio de molde. Se aprueba el 4/04/2016.

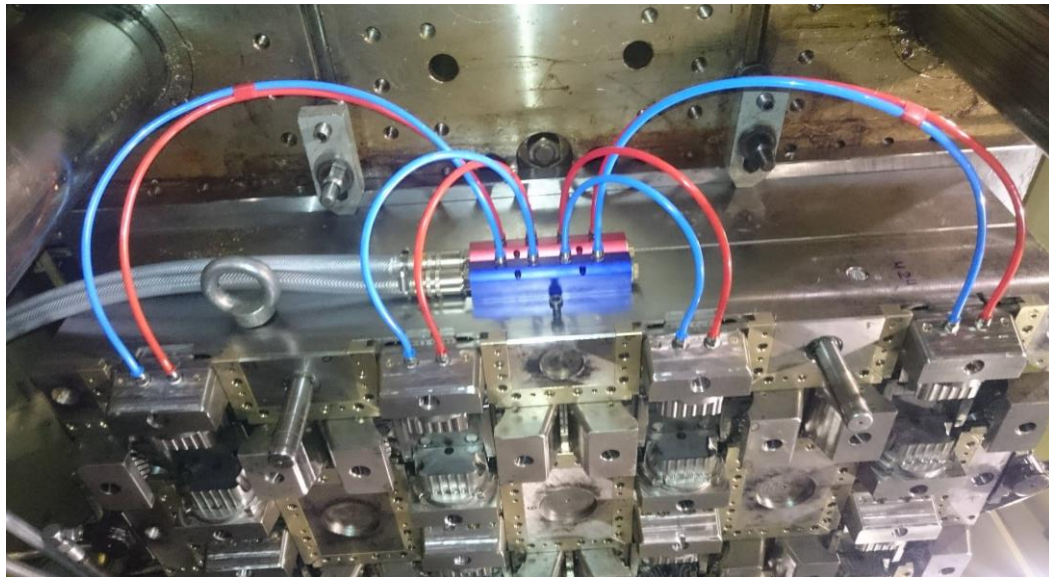


Figura 37

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

Ref Intec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 17

Finalmente se realizaron las pruebas en los días 10, 11 y 12 de Mayo de 2016. Se observó que las agujas de los torpedos de la cámara caliente no terminan de ajustar correctamente, ya que dejan rebaba en el cajón. Se observan también pequeñas rebabas por las que el molde deberá ser reajustado.





### 10.2.8. Hydrofresh Drawer Front Value 2239

El 4/03/2016 se confirma que la prueba del molde en Portugal se retrasa de la semana 12 a la semana 13, resultando la prueba los días 29 y 30 de Marzo.

Los días 29 y 30 de Marzo se llevan a cabo las pruebas de los moldes:

- Upper Freezer Drawer Body
- Middle Freezer Drawer Body
- Freezer Drawer Cover
- Drawer front Value
- Drawer front AV

Los resultados de las pruebas del Hydrofresh Drawer Front Value son asemejables a los del Hydrofresh Drawer Front AV.

El 13/04/2016 el moldista envía las propuestas de los fechadores para los moldes 2237, 2238 y 2239. Según las fotografías adjuntas los fechadores son de D=6mm. En el caso del frontal del congelador el tamaño del patín es de tan solo 14mm. El cliente comenta que en ese espacio ubicar dos fechadores no es una buena opción y propone un único fechador con el siguiente formato, en el que se unifica el año y el mes en un único cuño:



Figura 38

El 18/04/2016 se recibe la modificación de la propuesta de fechadores y se aprueba por el cliente a fecha 19/04/2016.

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

Ref Imtec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 18

El 25/04/16 se reciben muestras inyectadas por el moldista tras reajustar el molde. Se observa que no se ha llegado a ajustar debidamente, ya que se encuentran rebabas en la zona del asa tanto en la cavidad 1 como en la cavidad 2. En la parte superior de este frontal sigue existiendo una rebaba que no se ha eliminado. También parece que se agarra la pieza en el molde en la extracción, porque existe una marca que señala eso.

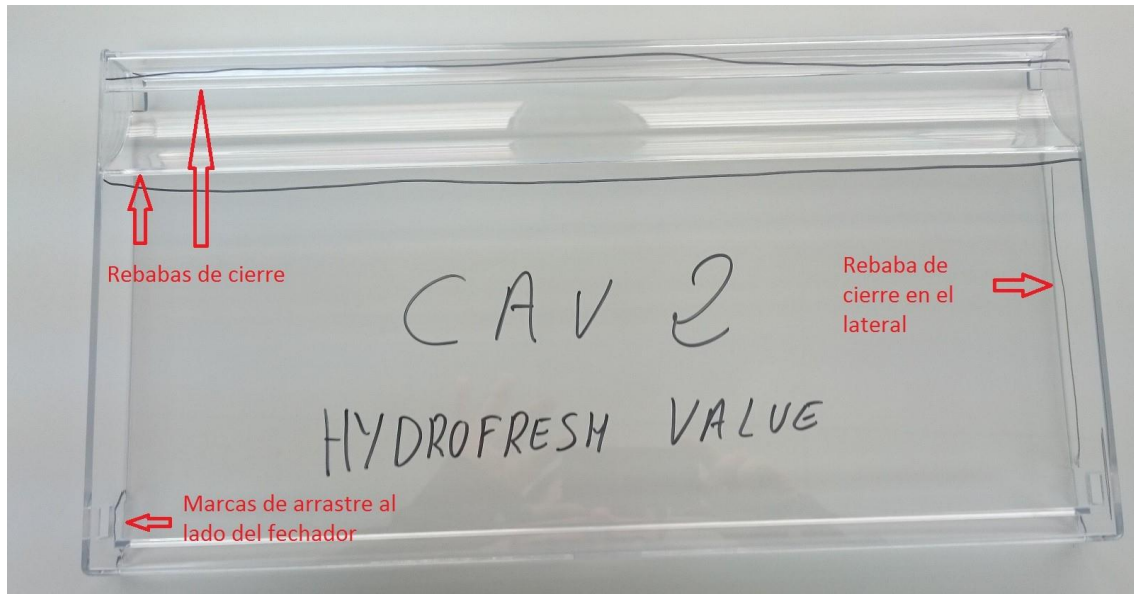


Figura 39

En las pruebas llevadas a cabo en las fechas 10, 11 y 12 de Mayo de 2016 se observa que las rebabas que se muestran de la prueba anterior no se han solucionado, y que además se marca el tapón de un canal de refrigeración, que tendrán que solucionar.



Figura 40

En fecha 31/05/2016 el molde llega a Plásticos Brello. Se realizan inyecciones y los resultados obtenidos resultan muy satisfactorios, salvo pequeños ajustes finales que se llevarán a cabo en Portugal.

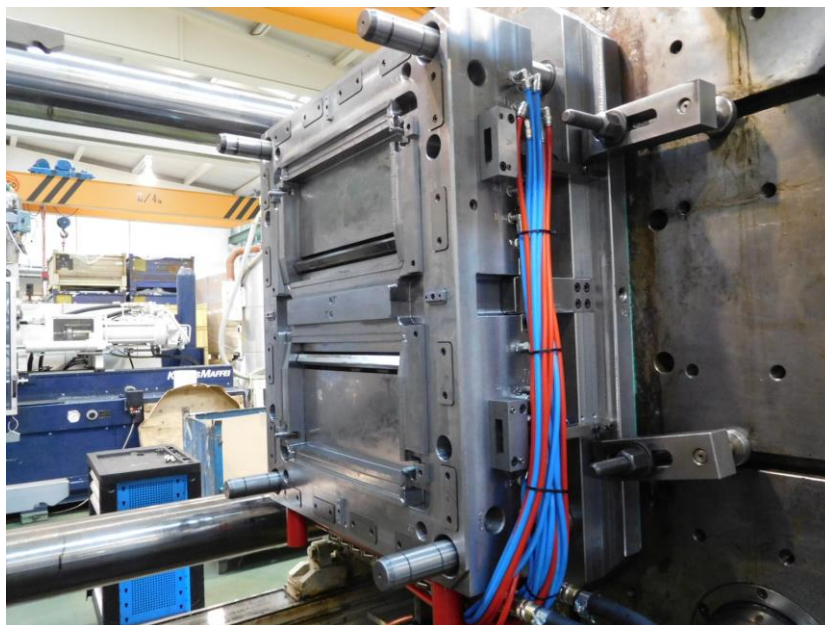


Figura 41

Se realizan las preseries para BSH de fecha 4/06/2016 sin mayores dificultades.

### **10.2.9. Middle Freezer Drawer Body 600**

El 19/02/2016 se recibe el planning del molde actualizado.

El 4/03/2016 se confirma que la prueba del molde en Portugal se retrasa de la semana 12 a la semana 13, resultando la prueba los días 29 y 30 de Marzo.

Los días 29 y 30 de Marzo se llevan a cabo las pruebas de los moldes:

- Upper Freezer Drawer Body
- Middle Freezer Drawer Body
- Freezer Drawer Cover
- Drawer front Value
- Drawer front AV

Los resultados de este molde son similares a los del Upper Freezer.

- Las cámaras parecen compensadas pero saca rebaba en la zona delantera, donde se clipa el frontal.



**Figura 42**

- La inyección de estos cajones solo se pudo realizar con uno de los puntos de inyección (el trasero, más lejos del frontal), ya que no se pudo llenar completamente y tras eso se sobraba material constantemente.

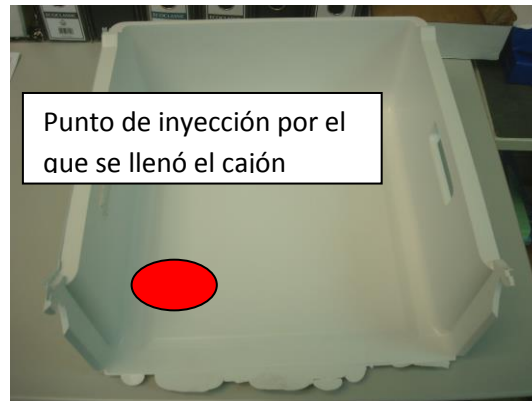


Figura 43

- La presión de llenado fue de 189 Bar, lo cual indicaba que había un problema. Analizando el cajón se vio que en el manual de carga pedido para la cámara los diámetros de inyección fueron de 5 mm y según las medidas realizadas eran como máximo de 4 mm..



Figura 44

- Se comunicó a Intec que se pusiera en contacto con YUDO para la solución y Yudo reconoció el error y lo subsanó. A pesar de ello se pidió el diseño de la cámara para asegurar que los conductos de material estén dimensionados para este incremento de 4mm a 5 mm en el diámetro.
- Como consecuencia de esto los cajones solo sirvieron para ver una primera impresión ya que para dimensionales y rebabas en general no aportaran demasiado ya que las presiones de inyección y la forma de inyectar no fue la correcta.

- Finalmente se observa que el ajuste de las asas no parece el adecuado, pudiéndose incrementar esta apreciación por la presión de inyección.

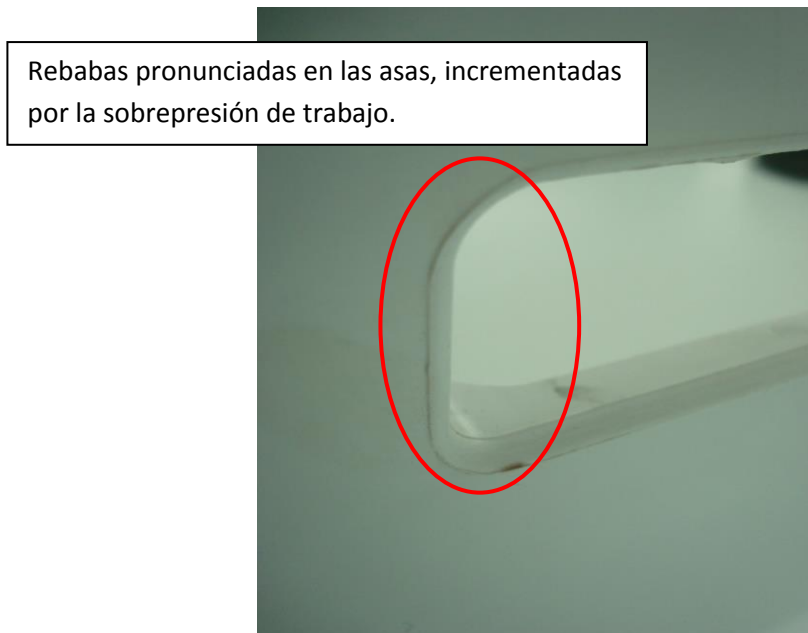


Figura 45

El 13/04/2016 el moldista envía una propuesta para la ubicación y forma de los fechadores y distintivos de material, que se remite al cliente. El cliente, tras revisarla, remite que no debe aparecer un código propuesto por el moldista. Se corrige y se da por OK.

PART IDENTIFICATION MARK	no	raised	recessed	DESCRIPTION
Material number	X			
Moulding form/cavity number		X		Wx/y (x=Tool nr., y=Cavity nr)
Recycling symbol		X		
Date of production		X		
Raw material supplier	X			
Raw material		X		PP



Figura 46

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).



Ref Intec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 19

El 28/04/16 se reciben muestras inyectadas por el moldista a fecha 27/04/16 tras ajustar los moldes según las pruebas realizadas a fecha 29 y 30 de Marzo de 2016. Se comprueba que aún siguen existiendo rebabas y ajustes defectuosos causados por la sobrepresión con la que se inyecta. Se insta al moldista desde BSH a hablar con el responsable de la cámara caliente YUDO para solucionar el problema. Preocupa mucho este punto, ya que puede ser clave para retrasar el proyecto. En las siguientes imágenes se comprueban dichas rebabas.

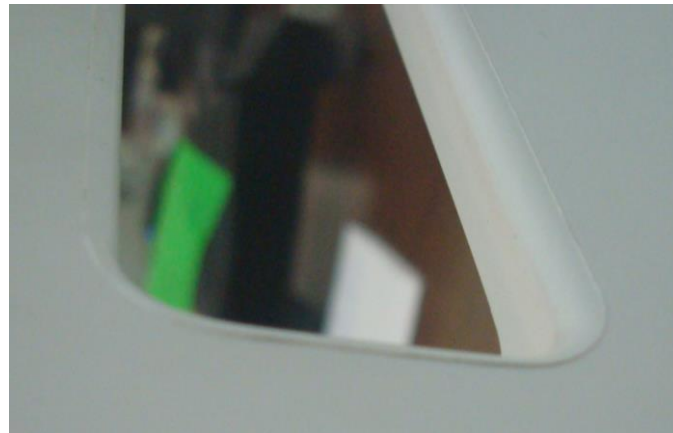


Figura 47



Figura 48

En las pruebas que se llevan a cabo finalmente en las fechas 10,11 y 12 de Mayo de 2016 se comprueba que el problema no se ha solucionado totalmente. Sigue habiendo problemas de sobrepresión, y se cree que la cámara pueda ser defectuosa. Los moldes se enviarán a Plásticos Brello entre las semanas 21 y 22, para producir una pre-serie para el cliente de fecha 4/06/16.

Tras las pruebas de mediados de Mayo, y tras una reunión entre el moldista y el proveedor de la cámara caliente, se llegó a los siguientes acuerdos:

- Yudo se compromete a agrandar las cámaras de los carburadores para un diámetro de 22 mm, agrandar el diámetro de una de las boquillas hasta 6 mm y reforzar la zona central del distribuidor
- Intec se compromete a mejorar las líneas de cierre, los pulidos y eliminar las rebabas (para todos sus moldes)

En fecha 31/05/2016 el molde llega a Plásticos Brello. Se realizan inyecciones y los resultados obtenidos resultan satisfactorios, tras los problemas acontecidos con la cámara caliente. Se consigue ajustar los parámetros de inyección (desfase entre los dos torpedos, volumen, velocidad, presión) para obtener piezas buenas finalmente.

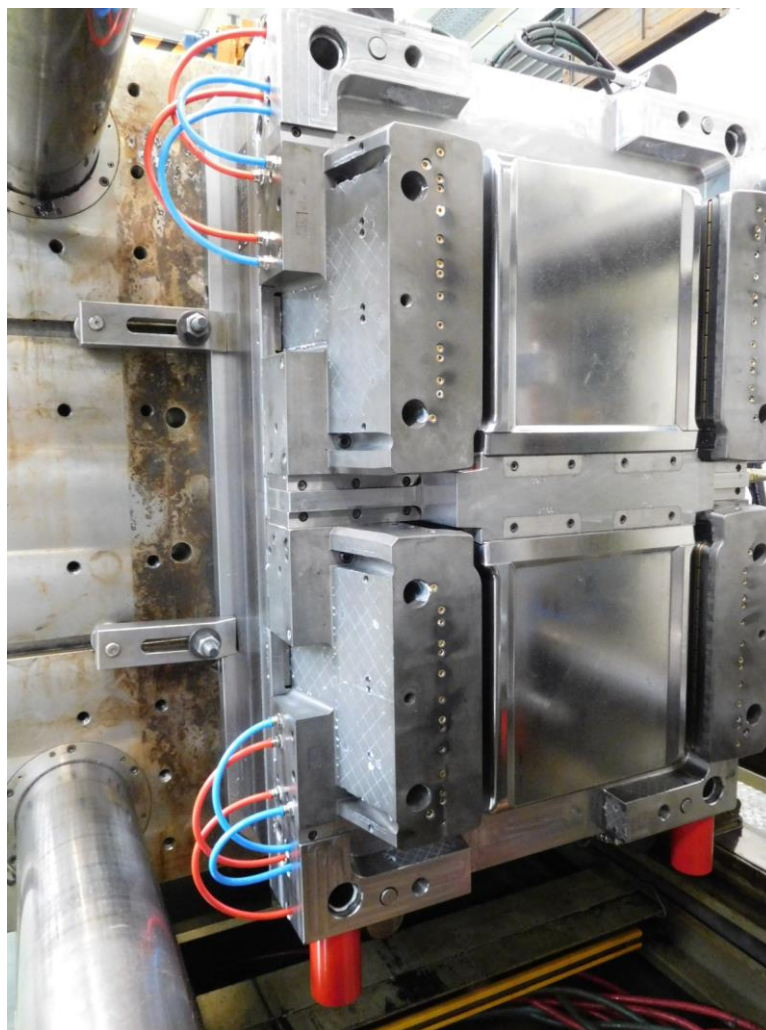


Figura 49





Se realizan las preseries para BSH de fecha 4/06/2016.

### 10.2.10. Upper Freezer Drawer Body 600

El 19/02/2016 se recibe el planning del molde actualizado.

El 4/03/2016 se confirma que la prueba del molde en Portugal se retrasa de la semana 12 a la semana 13, resultando la prueba los días 29 y 30 de Marzo.

Los días 29 y 30 de Marzo se llevan a cabo las pruebas de los moldes:

- Upper Freezer Drawer Body
- Middle Freezer Drawer Body
- Freezer Drawer Cover
- Drawer front Value
- Drawer front AV

Los resultados de las pruebas del Upper Freezer Drawer son asemejables a los del Middle Freezer Drawer.

El 13/04/2016 el moldista envía una propuesta para la ubicación y forma de los fechadores y distintivos de material, que se remite al cliente. El cliente, tras revisarla, remite que no debe aparecer un código propuesto por el moldista. Se corrige y se da por OK.

PART IDENTIFICATION MARK	no	raised	recessed	DESCRIPTION
Material number	X			
Moulding form/cavity number		X		Wx/y (x=Tool nr., y=Cavity nr)
Recycling symbol		X		
Date of production		X		
Raw material supplier	X			
Raw material		X		PP



Figura 50

El 20/04/2016 el moldista propone la siguiente planificación para las pruebas (primeras pruebas de los moldes 2245 y 2246, y segundas pruebas de los moldes 2237, 2238 y 2239).

Ref Intec	Nombre pieza	fecha	hora	centro de pruebas	máq	material
2234	Upper freezer	04-05-2016	8:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2235	Middle freezer	04-05-2016	13:00	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2245	Full open box	05-05-2016	08:30	Nova Plasteste	1150T	PP HOSTACOM (n necessita estufa)
2237	Freezer drawer cover	06-05-2016	8:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2238	Hydrofresh drawer front	06-05-2016	8:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2239	Hydrofresh drawer front value	06-05-2016	13:30	Sistec	800T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)
2246	Crisper drawer	06-05-2016	13:30	Sistec	1000T	PS STYROLUTION (n necessita estufa)

Tabla 23

El 28/04/16 se reciben muestras inyectadas por el moldista a fecha 27/04/16 tras ajustar los moldes según las pruebas realizadas a fecha 29 y 30 de Marzo de 2016. Se comprueba que aún siguen existiendo rebabas y ajustes defectuosos causados por la sobrepresión con la que se inyecta. Se insta al moldista desde BSH a hablar con el responsable de la cámara caliente YUDO para solucionar el problema. Preocupa mucho este punto, ya que puede ser clave para retrasar el proyecto. En las siguientes imágenes se comprueban dichas rebabas.



Figura 51

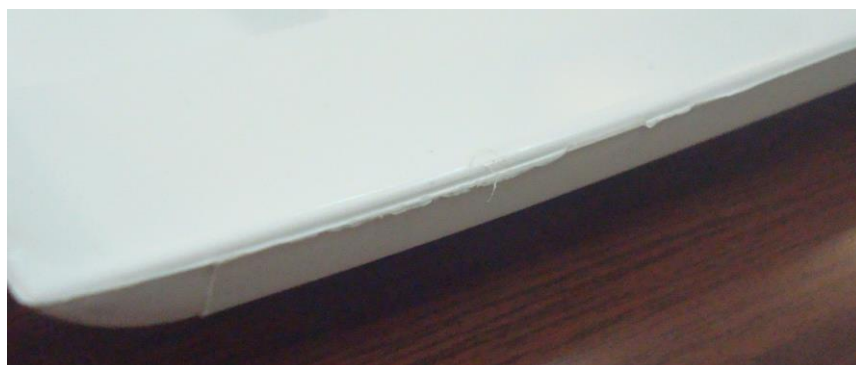


Figura 52

En las pruebas que se llevan a cabo finalmente en las fechas 10,11 y 12 de Mayo de 2016 se comprueba que el problema no se ha solucionado totalmente. Sigue habiendo problemas de sobrepresión, y se cree que la cámara pueda ser defectuosa. Los

moldes se enviarán a Plásticos Brello entre las semanas 21 y 22, para producir una pre-serie para el cliente de fecha 4/06/16.

Tras las pruebas de mediados de Mayo, y tras una reunión entre el moldista y el proveedor de la cámara caliente, se llegó a los siguientes acuerdos:

- Yudo se compromete a agrandar las cámaras de los carburadores para un diámetro de 22 mm, agrandar el diámetro de una de las boquillas hasta 6 mm y reforzar la zona central del distribuidor
- Imtec se compromete a mejorar las líneas de cierre, los pulidos y eliminar las rebabas (para todos sus moldes)

En fecha 31/05/2016 el molde llega a Plásticos Brello. Se realizan inyecciones y los resultados obtenidos resultan satisfactorios, tras los problemas acontecidos con la cámara caliente. Se consigue ajustar los parámetros de inyección (desfase entre los dos torpedos, volumen, velocidad, presión) para obtener piezas buenas finalmente.

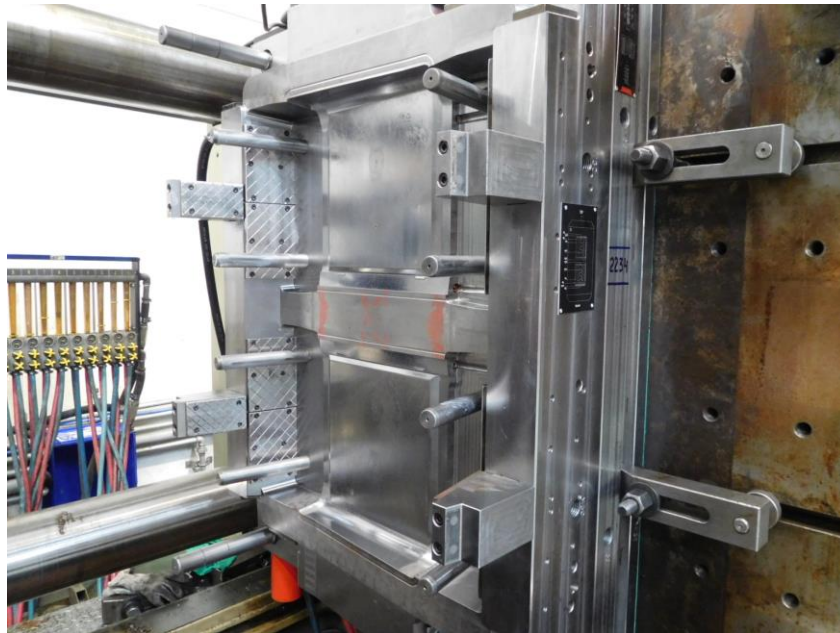
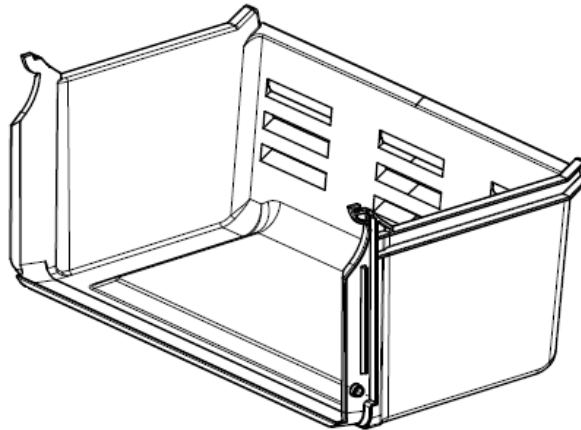


Figura 53

Se realizan las preseries para BSH de fecha 4/06/2016.

### **10.2.11. Lower Freezer 2236**

El 9/03/2016 se recibe el 3D final con el cambio realizado en el diseño (branquias traseras) y se envía al moldista para que empiece con el diseño del molde y los estudios de llenado.



**Figura 54**

El 22/03/2016 se recibe el planning del molde actualizado. Se revisa y OK.

El 31/03/2016 el moldista envía el 3D del molde para poder empezar a mecanizar. Se observa que el espesor no es el mismo que en los otros moldes que se van a utilizar (por tema de cambios rápidos), y se lanza la posibilidad de estrecharlo. El 2/04/2016 el moldista lo rechaza porque debilitaría el molde.

El 4/04/2016 se recibe un estudio de llenado que tiene una mejora en la refrigeración en la zona de las asas.

El 4/04/2016 se pide que las boquillas de inyección de Yudo sean de diámetro 5 mm, como en el caso de los Middle y Upper, tras las pruebas en Portugal de fecha 29 y 30 de Marzo.

El 4/04/2016 el moldista requiere que se apruebe el ultimo moldflow y 3D del molde para poder empezar con la mecanización, pero no se le da la confirmación hasta el 11/04/2016. Al haber pasado una semana entre ambos sucesos, el moldista informa que las primeras pruebas se llevarán a cabo una semana más tarde de lo planeado, en semana 27. Se le remite que no hay retraso alguno y que la fecha de prueba se mantiene para la semana 26.





## **11. REALIZACIÓN DE SIMULACIONES**

Se trata de la quinta fase del proyecto BSH 2016. Los recursos económicos necesarios para esta fase siguen aumentando ya que no solamente es necesaria la labor de un ingeniero sino que se necesita equipos y software específico para llevarlo a cabo, cuyo coste es significativo. El encargado de realizar esta tarea será el autor de este documento, con el apoyo del ingeniero de desarrollo de la empresa en el conocimiento del software.

Las simulaciones son esenciales en la industria de inyección de termoplásticos, tanto que hoy en día no es factible avanzar con un proyecto sin tener una simulación sobre el llenado, la refrigeración, etcétera.

Estas simulaciones se suelen realizar por el fabricante del molde y en ocasiones, por el cliente del propio molde, para confirmar que los datos ofrecidos por el moldista son correctos y fiables.

Se estudian las siguientes características:

- Cantidad y ubicación de puntos de inyección
- Proceso de llenado
- Idoneidad de los puntos de inyección
- Confianza de llenado
- Atrapamientos de aire
- Líneas de soldadura
- Rechupes en la pieza
- Deformaciones
- Sistema de refrigeración
- Tiempos del proceso

Definiendo los puntos listados se puede tener una imagen bastante realista de lo que será el proceso de inyección, y de esta manera subsanar errores antes de iniciarse el mecanizado del molde, proceso que resulta muy costoso y más aún su modificación posterior.

En el caso del proyecto que concierne a este trabajo todas las simulaciones realizadas tanto por Moldene como por Intec se han llevado a cabo con el software Moldex 3D. En Plásticos Brello S.A. disponen del software Autodesk Moldflow Adviser Ultimate 2014, por lo que ese ha sido el software utilizado para la realización de las siguientes simulaciones.

El hecho de que el moldista los lleve a cabo y los resultados finales sean satisfactorios hace que la necesidad de realizar estos análisis no sea indispensable, aunque si recomendable, para verificar los resultados obtenidos por el proveedor. Pese a ello, en ocasiones en las que se trabaja con un nuevo moldista o con una pieza compleja, es de gran ayuda contar con simulaciones de este tipo. Por ello y dado que se realiza el TFG a la par que un contrato en prácticas gestionadas por la Universidad Pública de



Navarra, se realizarán unas simulaciones para confirmar las aportadas por el moldista y familiarizarse con el software.

Dado que los moldes que componen este proyecto son frontales y bases de cajones, se podrían realizar estudios sobre ambos. A pesar de ello, tras hablar con el encargado de producción y los compañeros del área de ingeniería, el estudio de los frontales resulta muy sencillo en comparación con el de la base, que aporta una mayor cantidad de conclusiones útiles para el departamento. Por lo tanto, se harán estudios de la siguiente base de cajón congelador:

- Base: Lower Freezer

Se estudiarán modelos diferentes situaciones, relacionadas con:

- Puntos de inyección: Cantidad y ubicación
- Presión y postpresión
- Temperaturas de molde y material
- Sistema de refrigeración: circuito y temperaturas

### **11.1 Cajón Lower Freezer**

El cajón Lower Freezer es el cajón más reciente por fechas de desarrollo del proyecto de BSH 2016 para la planta de Plásticos Brello.

Como se ha comentado anteriormente, para conocer las características que tendrá el molde de inyección es necesario realizar una serie de simulaciones para conocer el comportamiento del mismo. Por ello, para el cajón Lower Freezer se harán los siguientes estudios:

- Estudio con 1 punto de inyección
- Estudio con 2 puntos de inyección
- Estudio con 3 puntos de inyección
- Estudio con inyección con cámara caliente (con los puntos de inyección que mejor resultado ofrezcan)
- Circuitos de refrigeración independientes



### Estudio nº 1

Para realizar el estudio se ha diseñado el siguiente sistema tanto de inyección como de refrigeración.

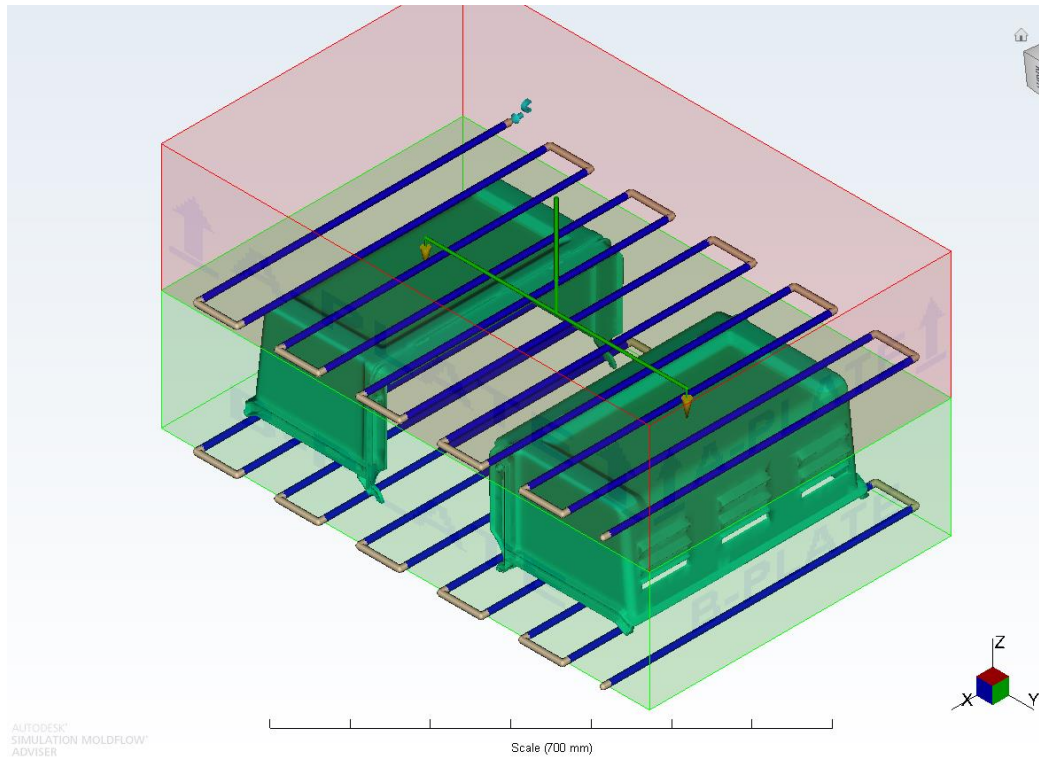


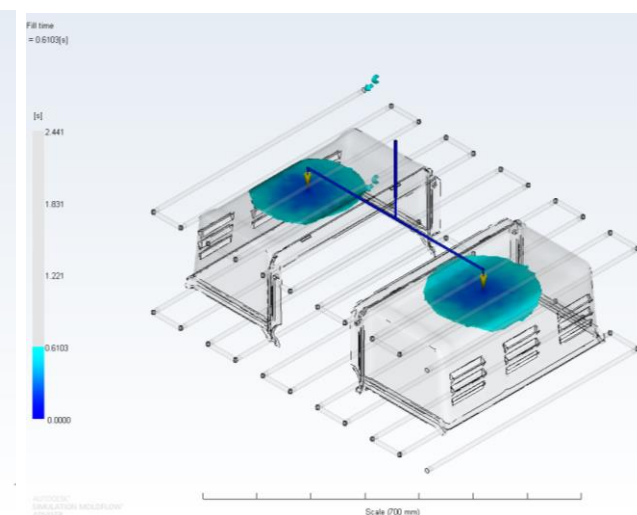
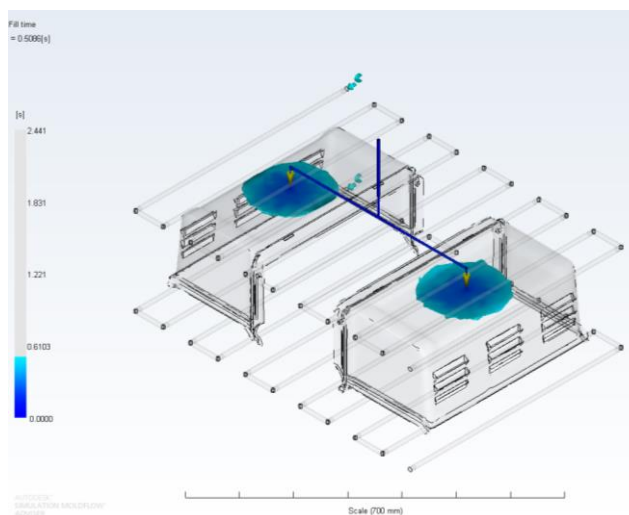
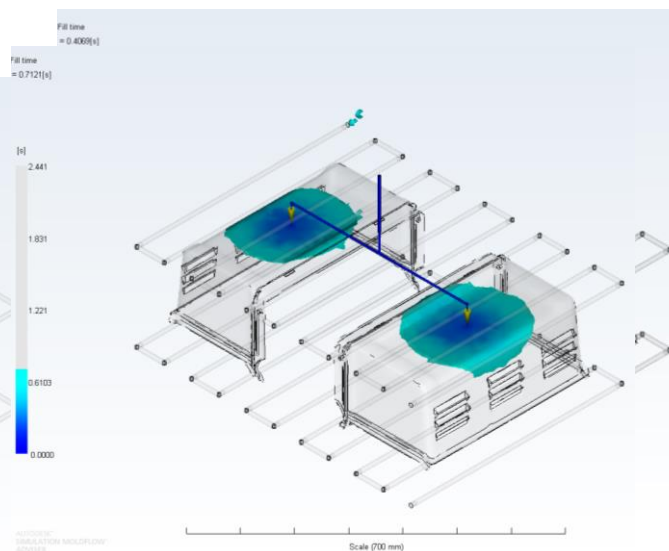
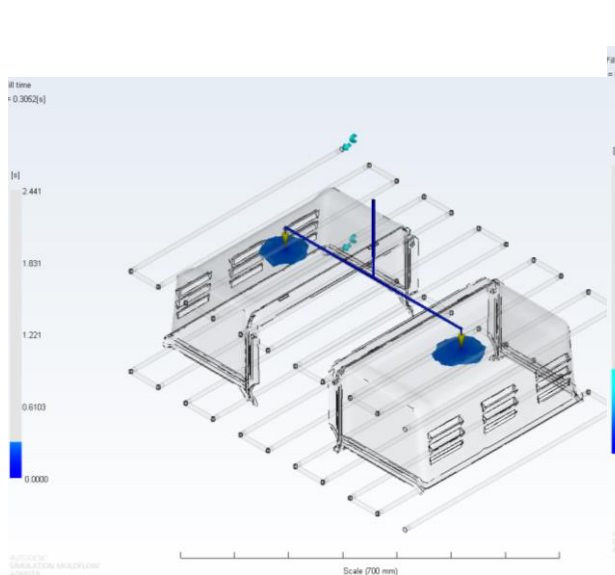
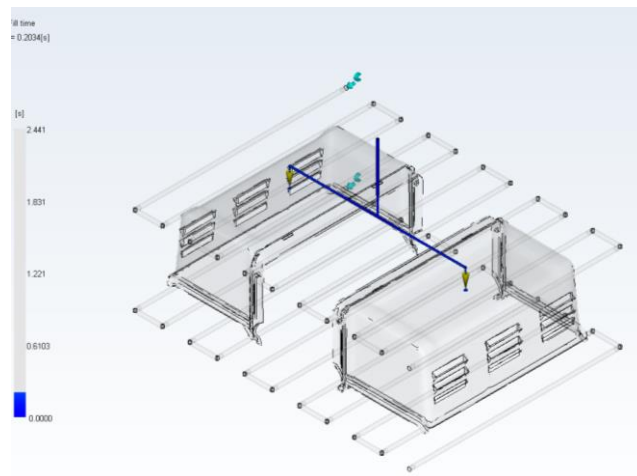
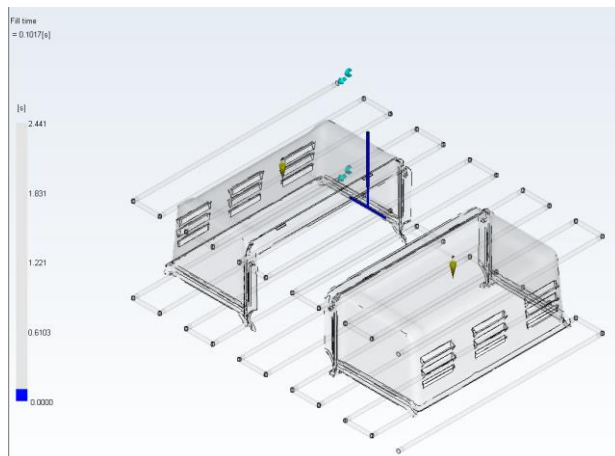
Figura 55

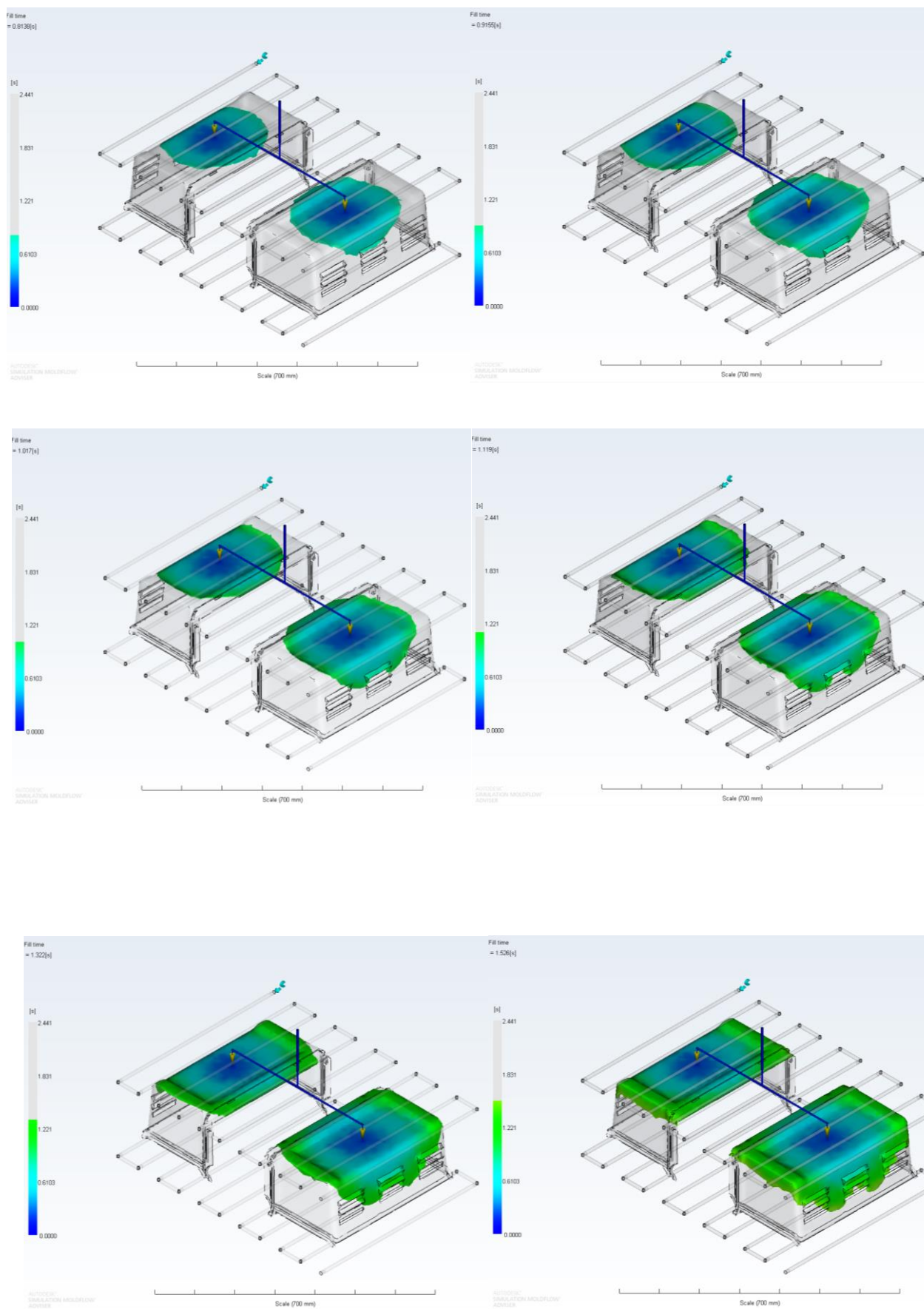
Como se puede observar se han enfrentado los dos cajones, simulando un molde de dos cavidades. Se le ha colocado a cada uno un punto de inyección central, los cuales se unen a través de un canal de alimentación común y un bebedero único. Los parámetros utilizados son los siguientes:

- Material: LyondelBassel PP31S4A
- Temperatura del molde: 40°C
- Temperatura del fundido: 220°C
- Caudal de refrigeración: 101.7 L/min
- Temperatura liquido refrigeración: 25°C
- Líquido refrigerante: Agua de red
- Tiempo de molde abierto: 3"
- Diámetro de canales:
  - Bebedero: 6 mm
  - Alimentación: 5 mm
  - Entrada: 3-1 mm (cónica)
  - Refrigeración: 10 mm

Se lleva a cabo el análisis y ofrece los siguientes resultados:

➤ Tiempo de llenado







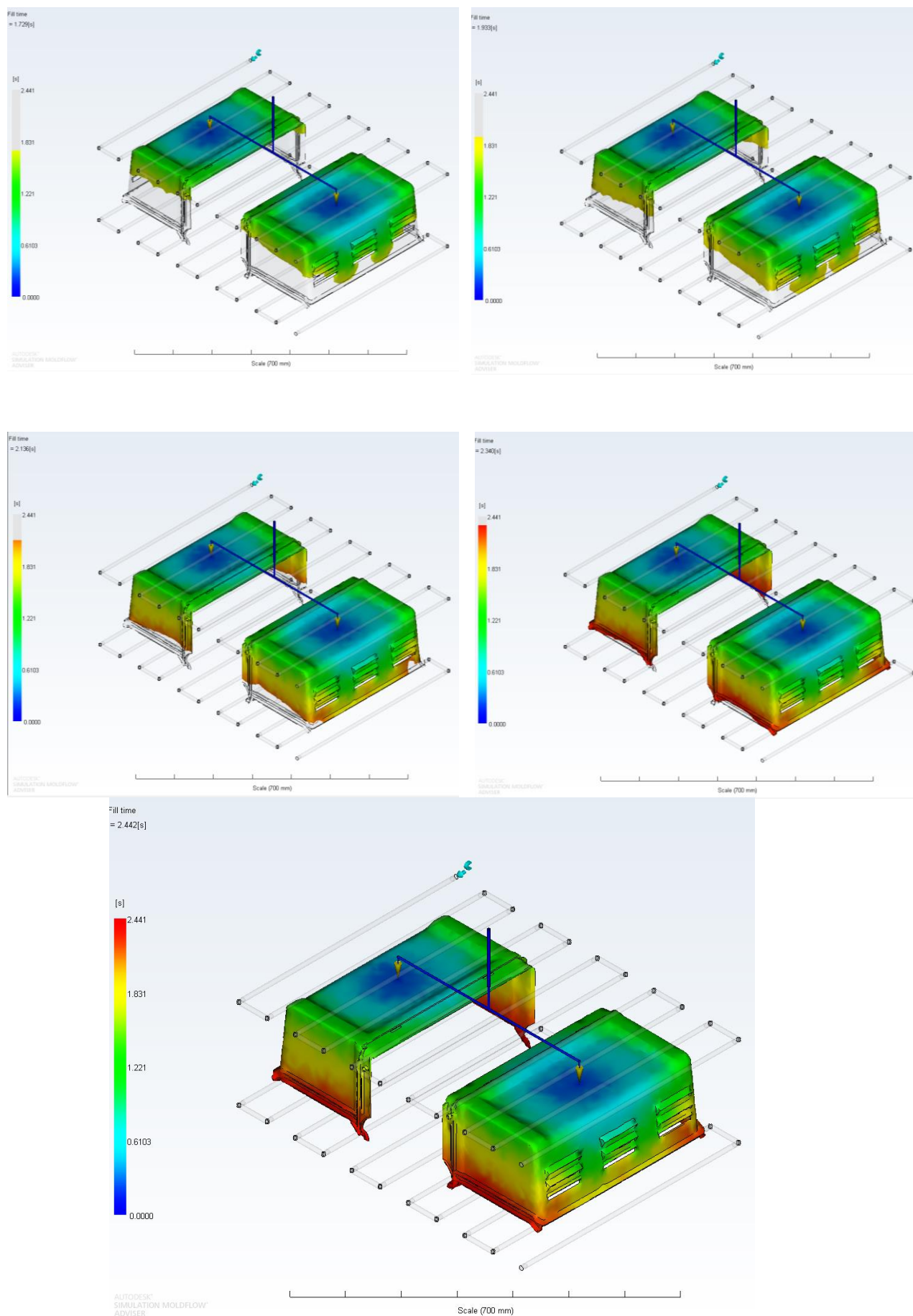


Figura 56

Se observa como el llenado en las dos cavidades es equilibrado, sin ser uno llenado una antes que la otra. El tiempo total de llenado es de 2.44”.

➤ Confianza de llenado

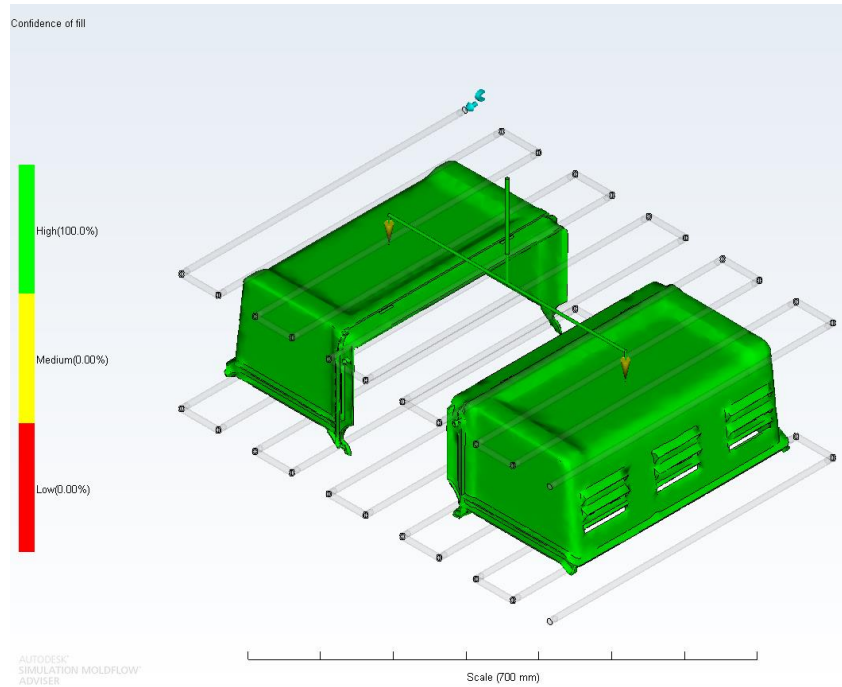


Figura 57

De la misma manera se observa que la confianza en que el llenado se lleve a cabo es total.

➤ Calidad

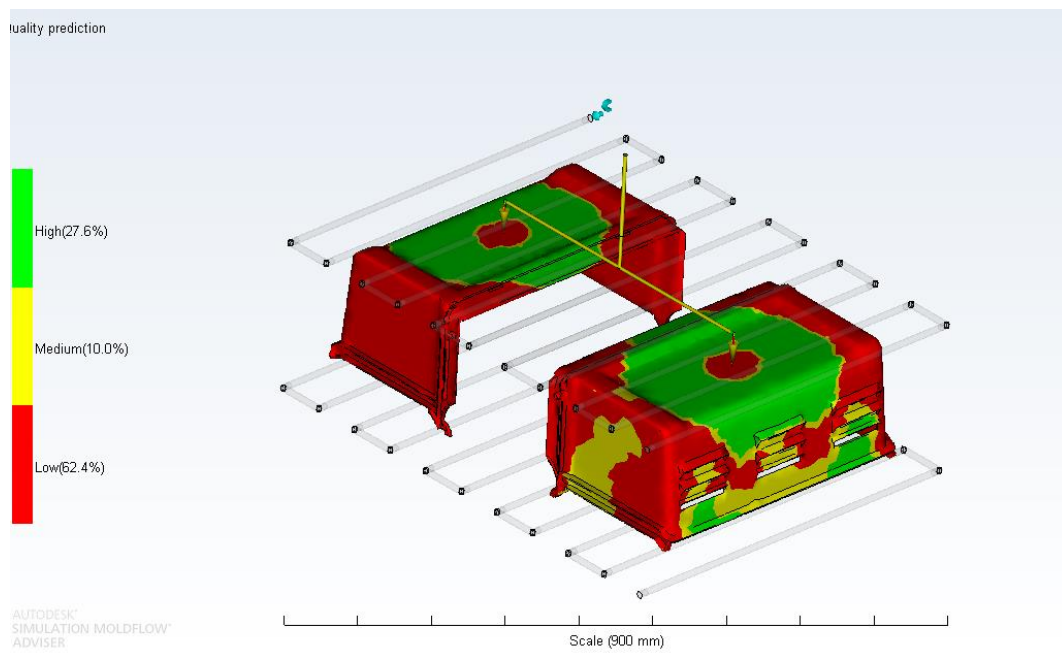


Figura 58

Se puede observar que la calidad es mayoritariamente mala (73%), posiblemente dada por tener un único punto de inyección para tal componente.

➤ Presión de inyección

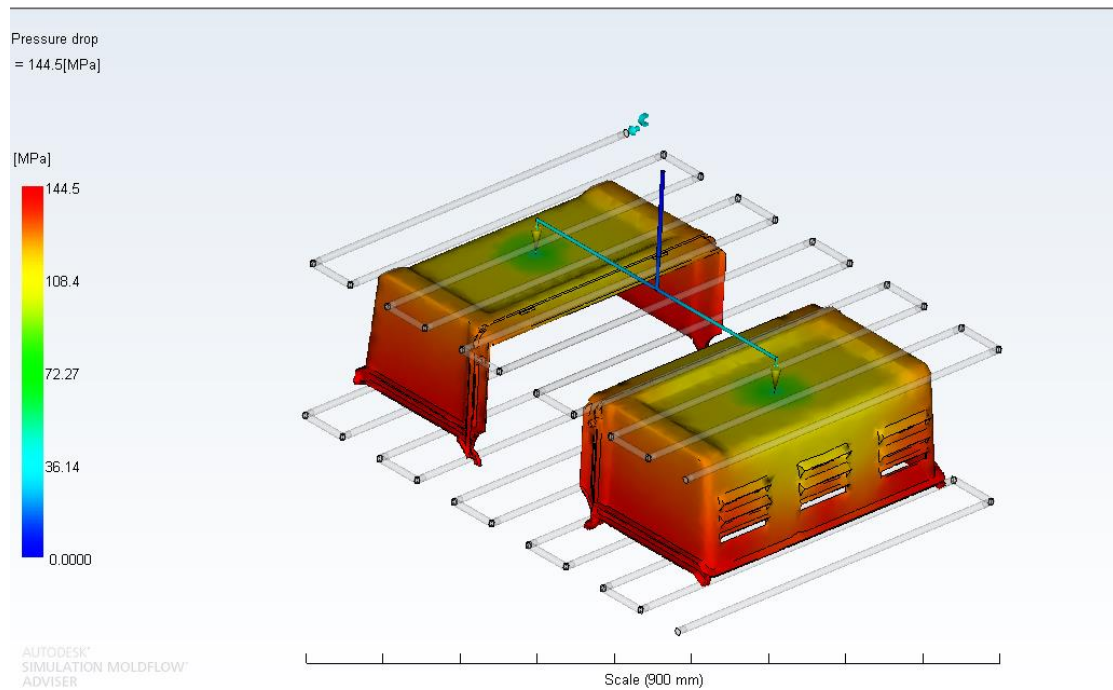


Figura 59

➤ Temperatura media

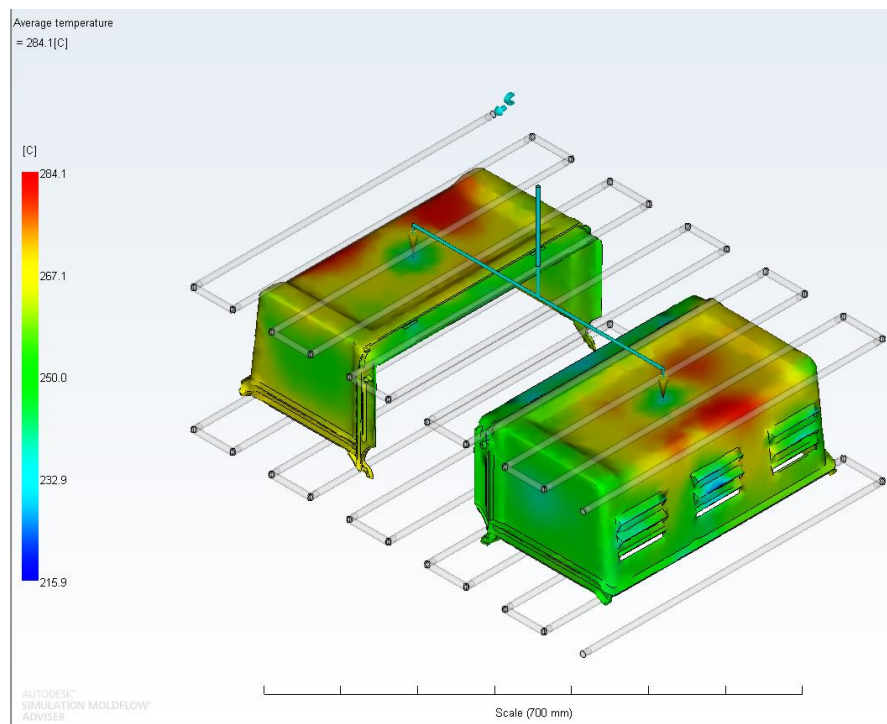


Figura 60

➤ Tiempo para expulsión

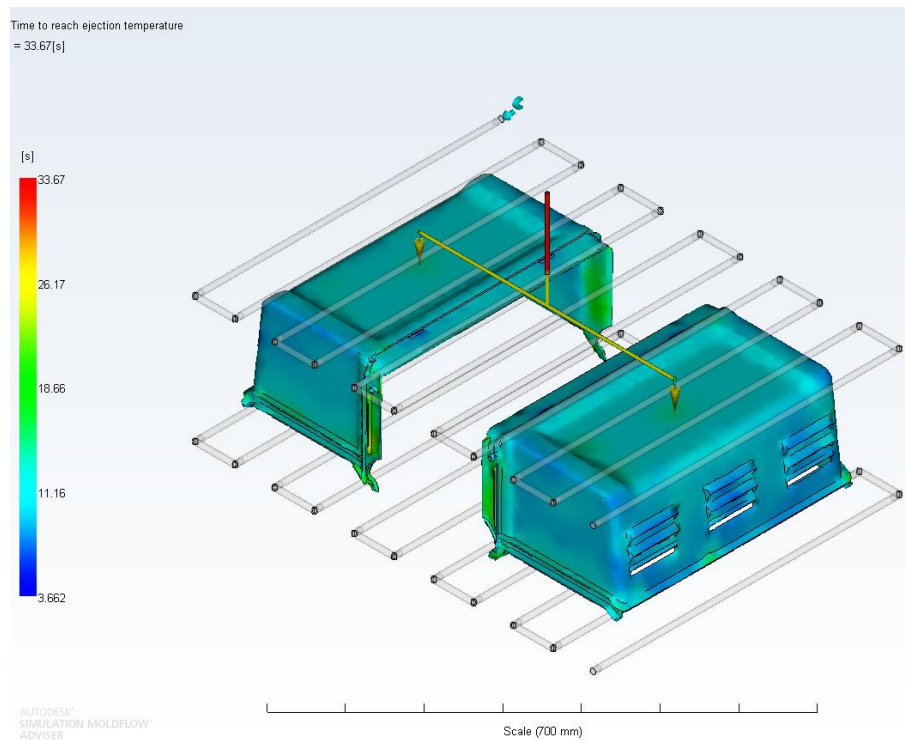


Figura 61

Se observa que el tiempo para poder expulsar los dos cajones asciende hasta 33.67". Hay que tenerlo en cuenta, dado que el tiempo de ciclo no podrá superar los 40".

➤ Atrapamiento de aire

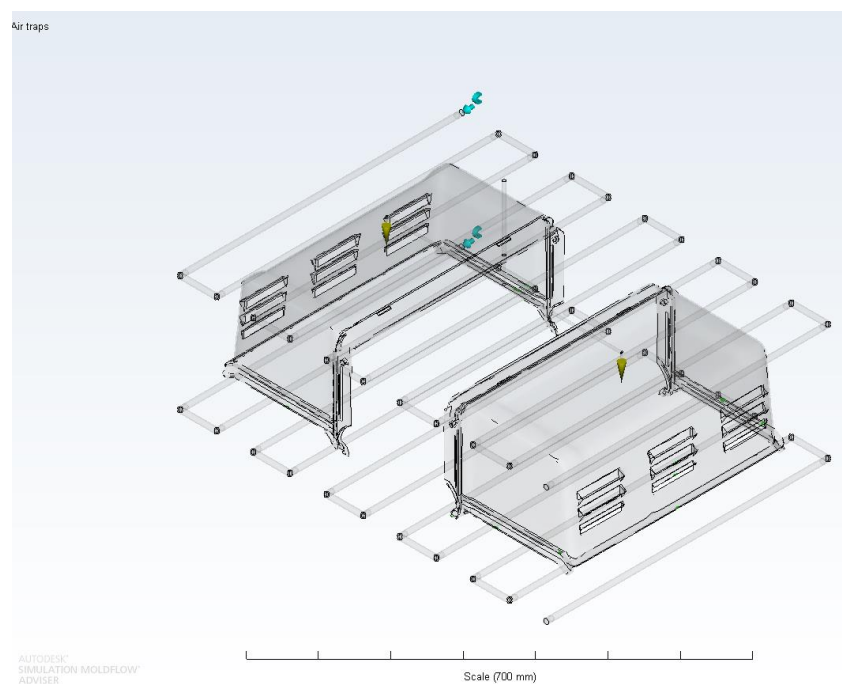


Figura 62



Se observan pequeños atrapamientos de aire sin mayor importancia, fácilmente solucionables mediante expulsores o pequeñas aberturas.

➤ Líneas de soldadura

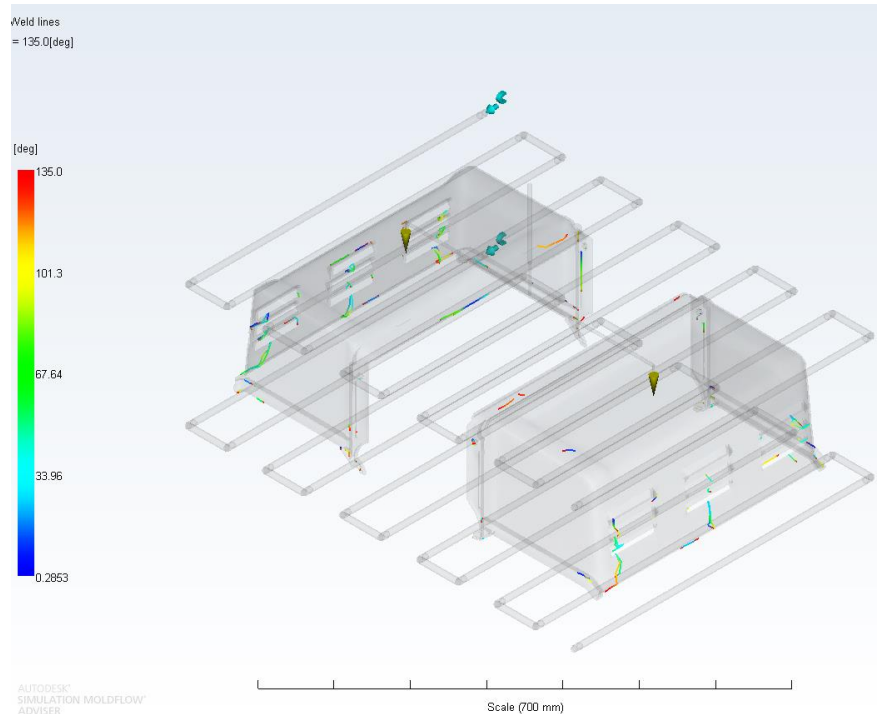


Figura 63

Se observan varias líneas de soldadura producidas no por tener un único punto de inyección sino por las branquias traseras que muestra el cajón. Esta característica es difícil que mejore, puede que aumentando la temperatura del fundido se solucione.

➤ Temperatura de refrigerante

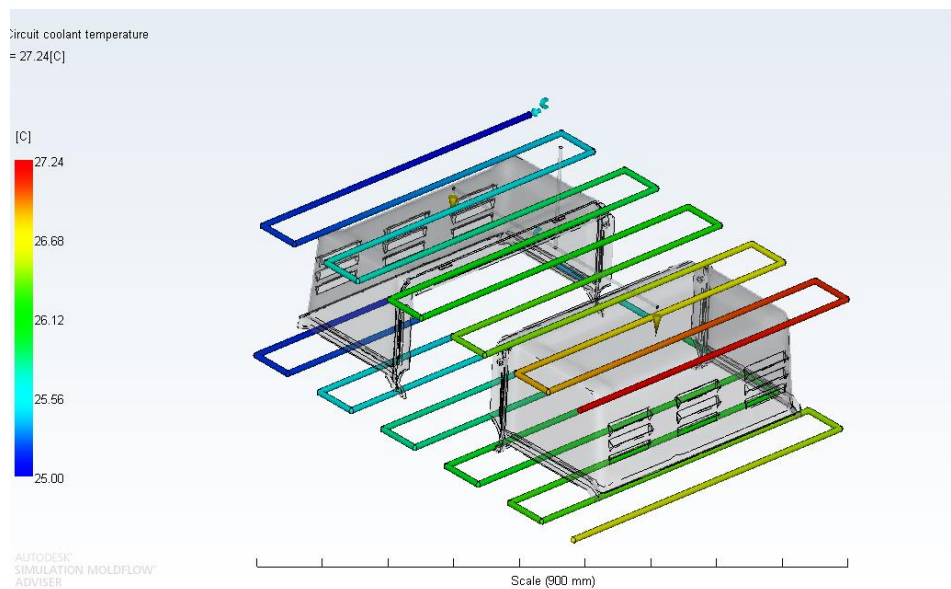


Figura 64



Se observa una diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de 2.24 °C, valor que resulta positivo.

➤ Calidad de refrigeración

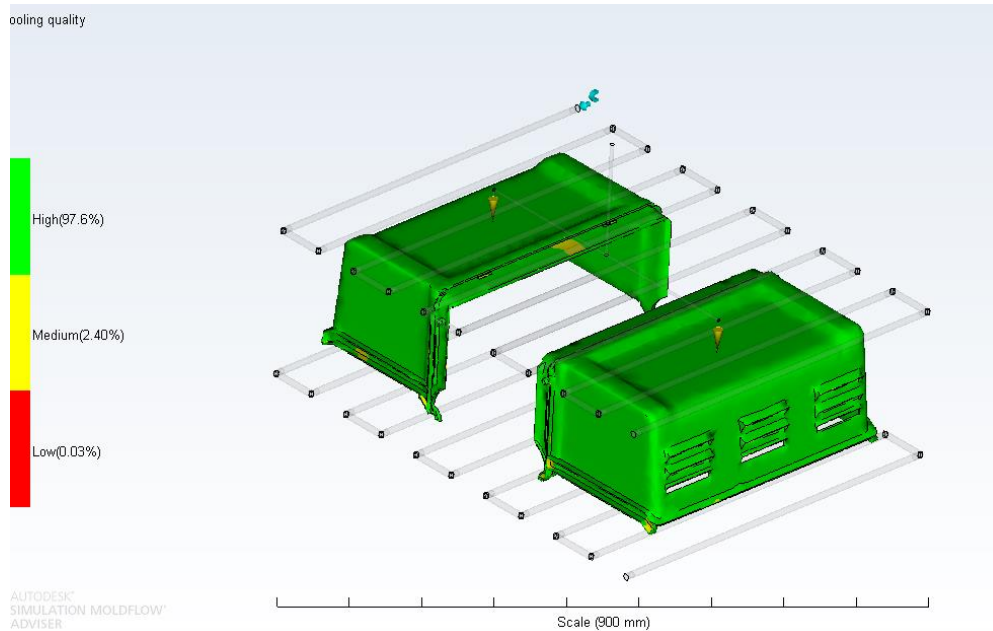


Figura 65

Se observa la que la calidad de refrigeración tiene valores altos. Este resultado es engañoso, ya que el software no ha tenido en cuenta el tiempo ciclo y ha supuesto un ciclo de 128", motivo por el cual la refrigeración tiene tan buenos resultados.

➤ Contracción

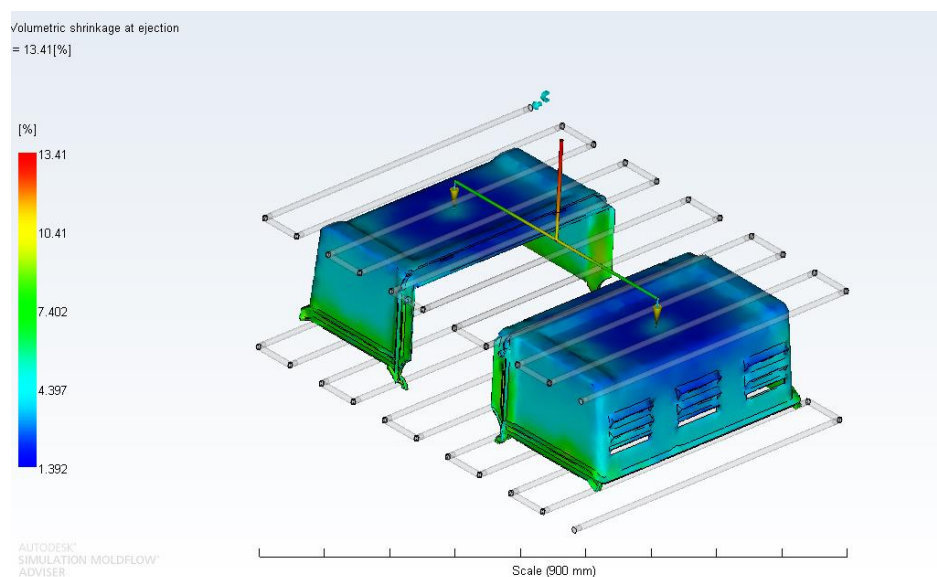


Figura 66

Debido al gran tiempo ciclo que ha supuesto el programa, los datos de contracción también son muy satisfactorios.

➤ Deformación

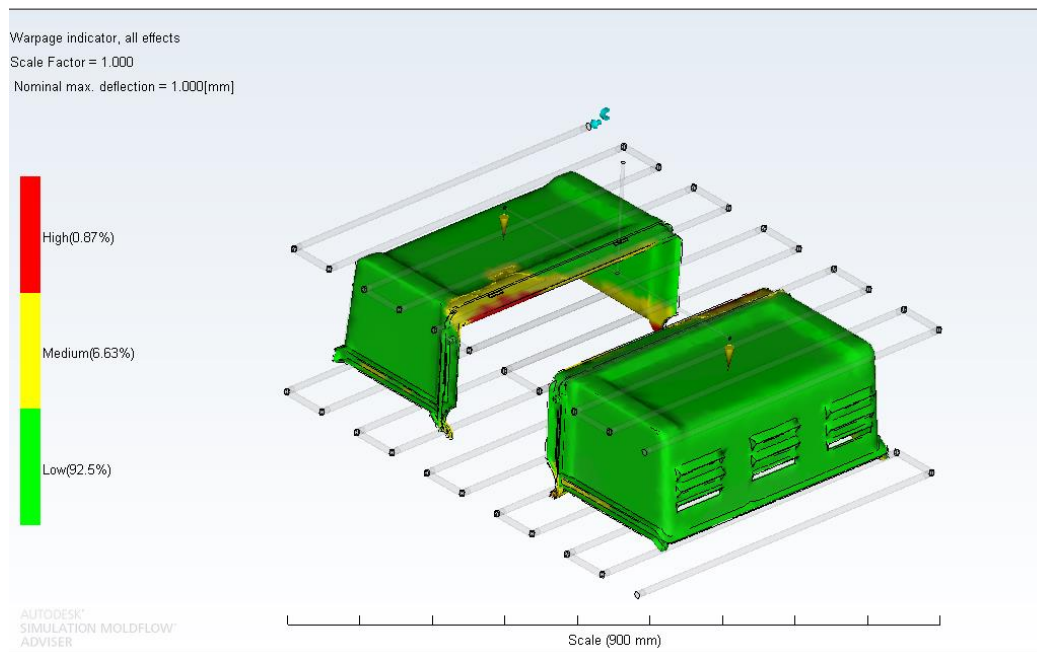


Figura 67

Debido al gran tiempo ciclo que ha supuesto el programa, los datos de deformación también son muy satisfactorios. El 99.34% del modelo no excede 1 mm de deformación.

➤ Más resultados:

- Máxima presión: 144.547 Mpa
- Fuerza de cierre: 1247.78 Tn
- Tiempo ciclo: 132.71"
- Tiempo de llenado: 2.43"
- Tiempo de enfriamiento: 115.4"
- Peso: 879.065 g
- Temperatura de molde: 40°C
- Temperatura de fundido: 220°C

Conclusión

Se observa a primera vista que el tiempo ciclo no puede ser tan amplio, ya que perjudicaría el sistema productivo del proyecto. Se debe intentar conseguir un tiempo de ciclo en torno a 40". Para ello se limitará el tiempo total del proceso a dicho tiempo. Para reducir la fuerza necesaria para llevar a cabo la inyección se reducirá la máxima presión realizable. Se podría aumentar la sección de los canales, entrada y bebedero para disminuir la presión. Los datos de deformación logrados no son relevantes debido al tiempo de ciclo.

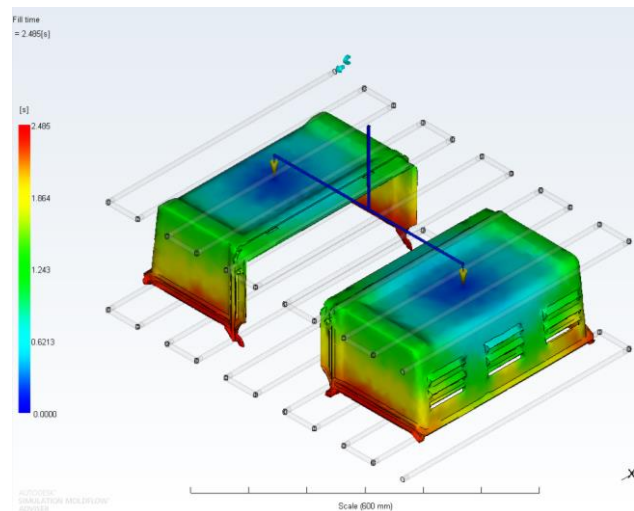
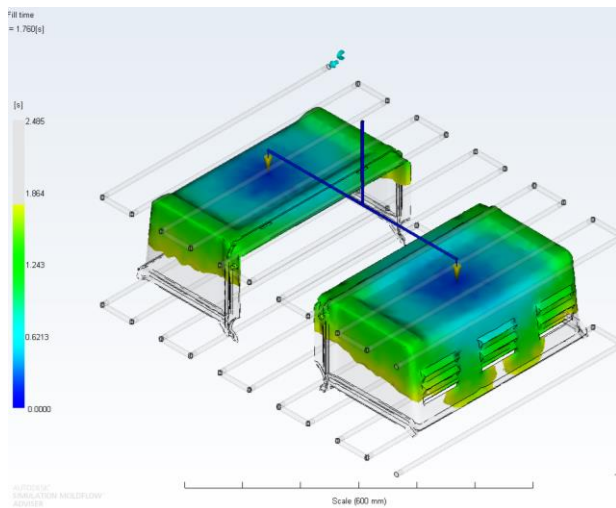
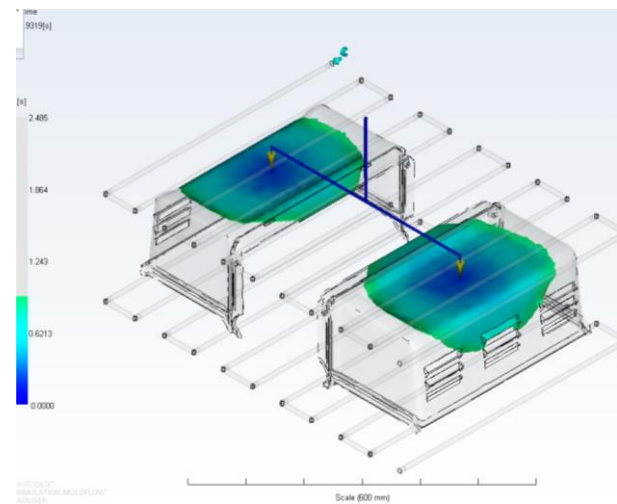
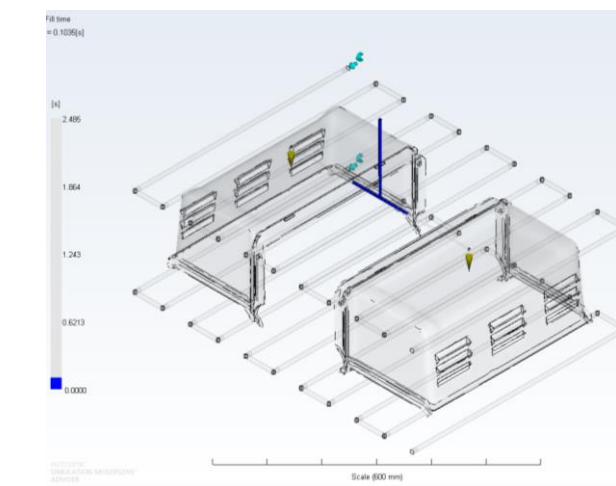
Por ello, se repetirá el estudio con las siguientes modificaciones:

- Máxima presión: 120 Mpa
- Tiempo ciclo: 40''
- Temperatura de molde: 50°C
- Temperatura de fundido: 240°C

## Estudio nº 2

Se realiza el estudio con dichas modificaciones:

### ➤ Tiempo de llenado



➤ Confianza de llenado

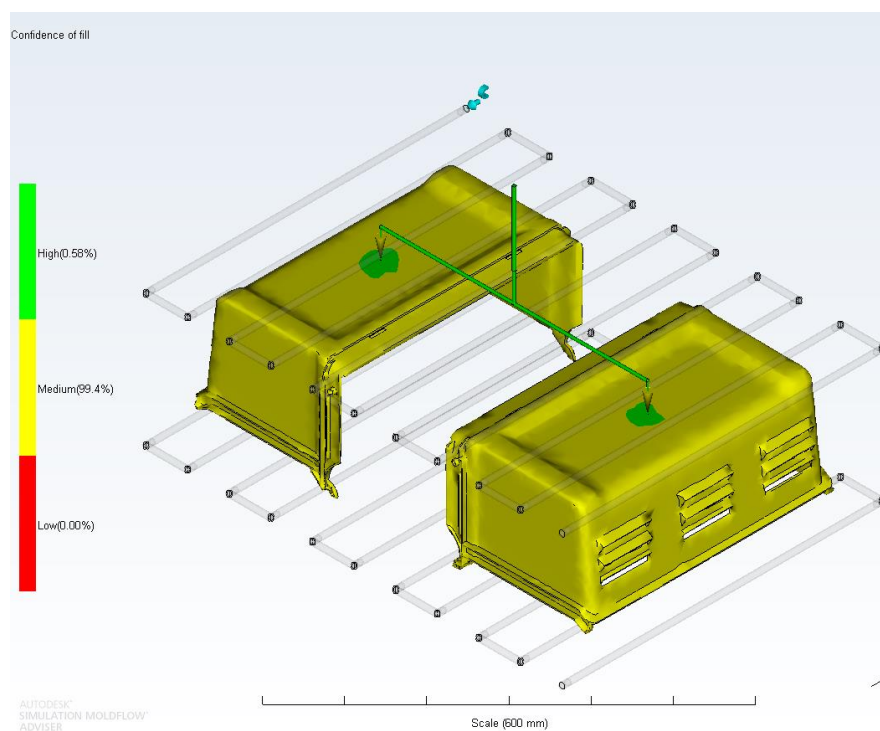


Figura 68

➤ Calidad

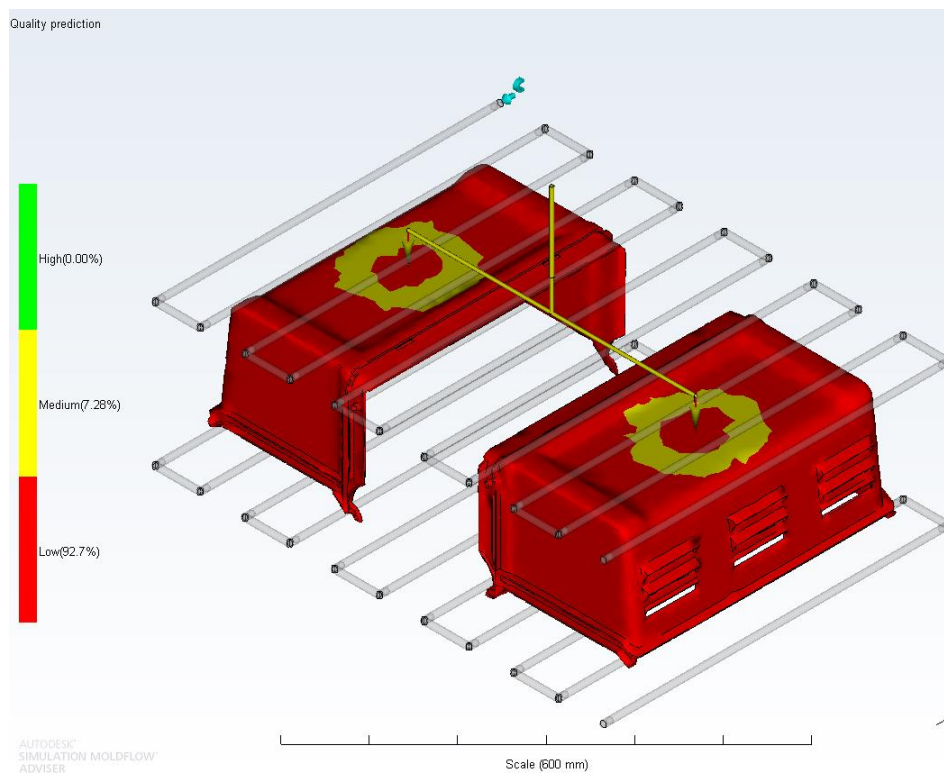


Figura 69



➤ Presión de inyección

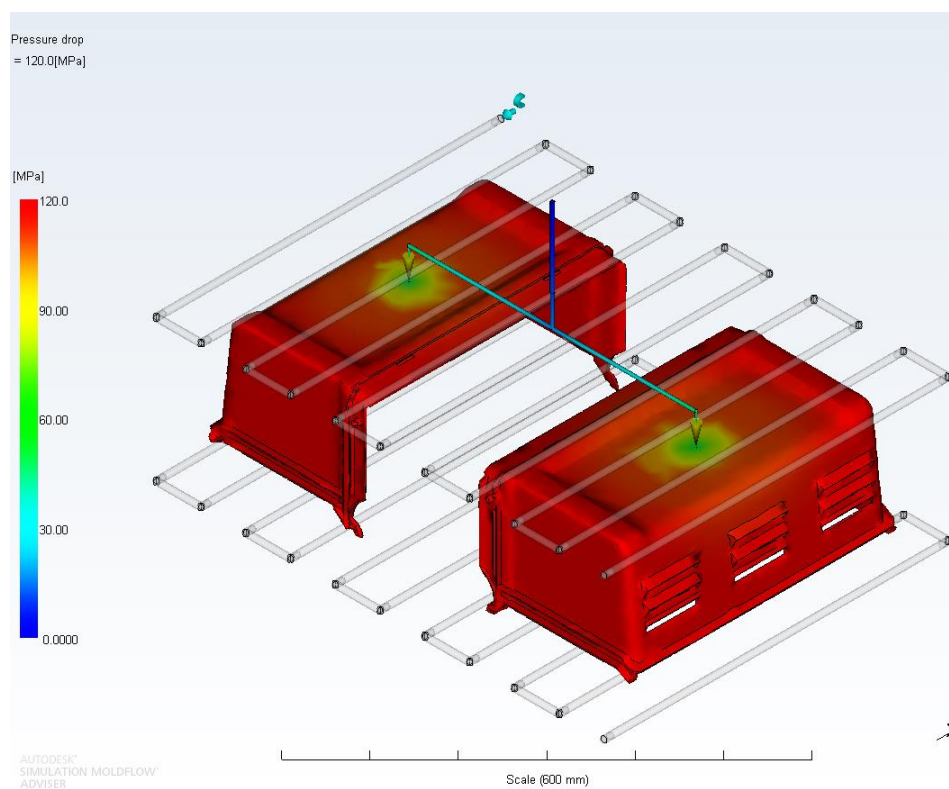


Figura 70

➤ Temperatura media

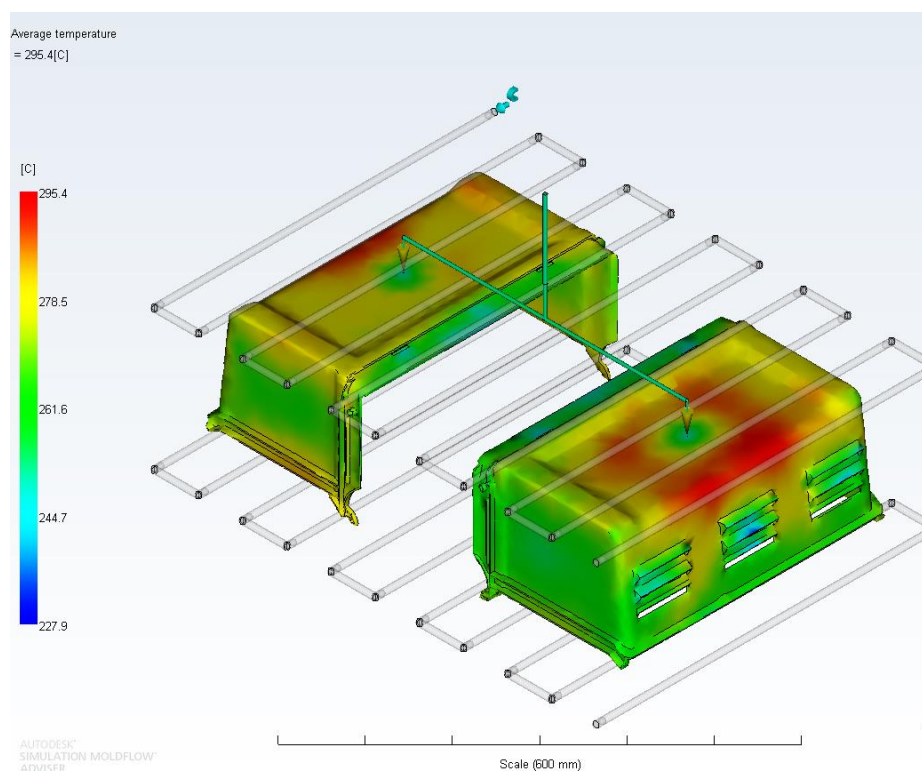


Figura 71

➤ Tiempo para expulsión

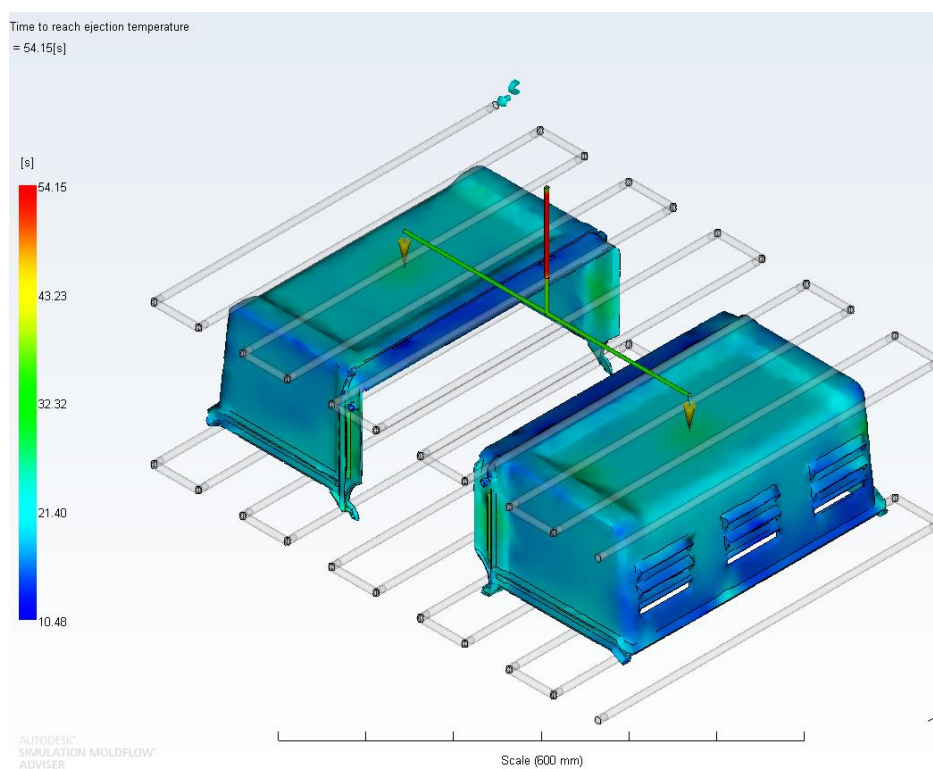


Figura 72

➤ Atrapamiento de aire

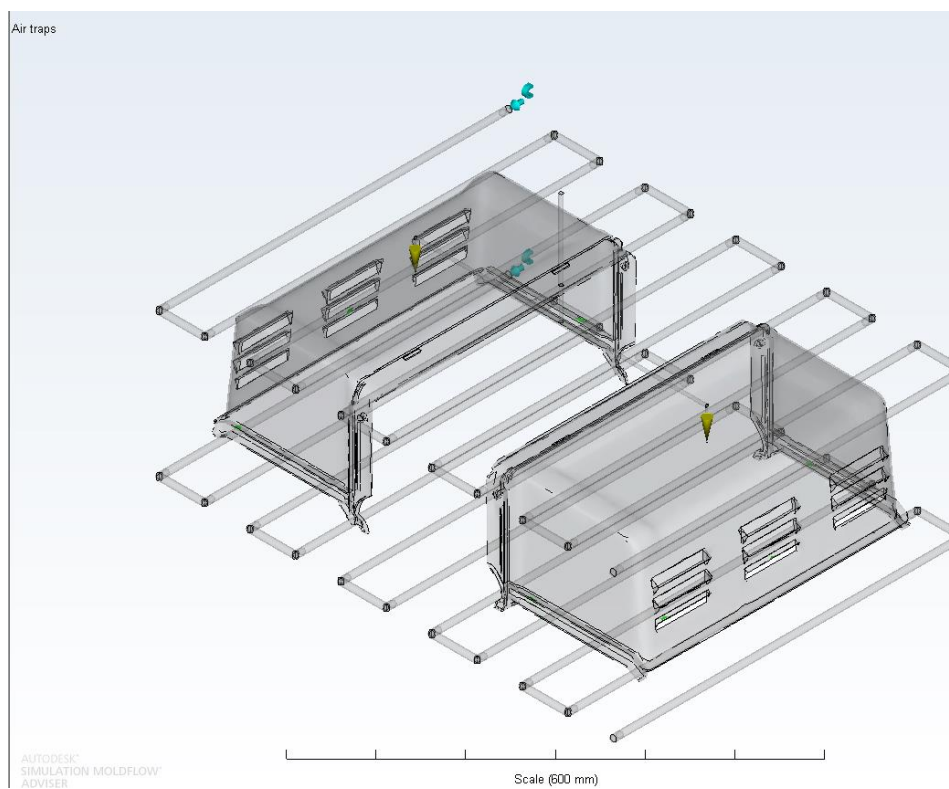
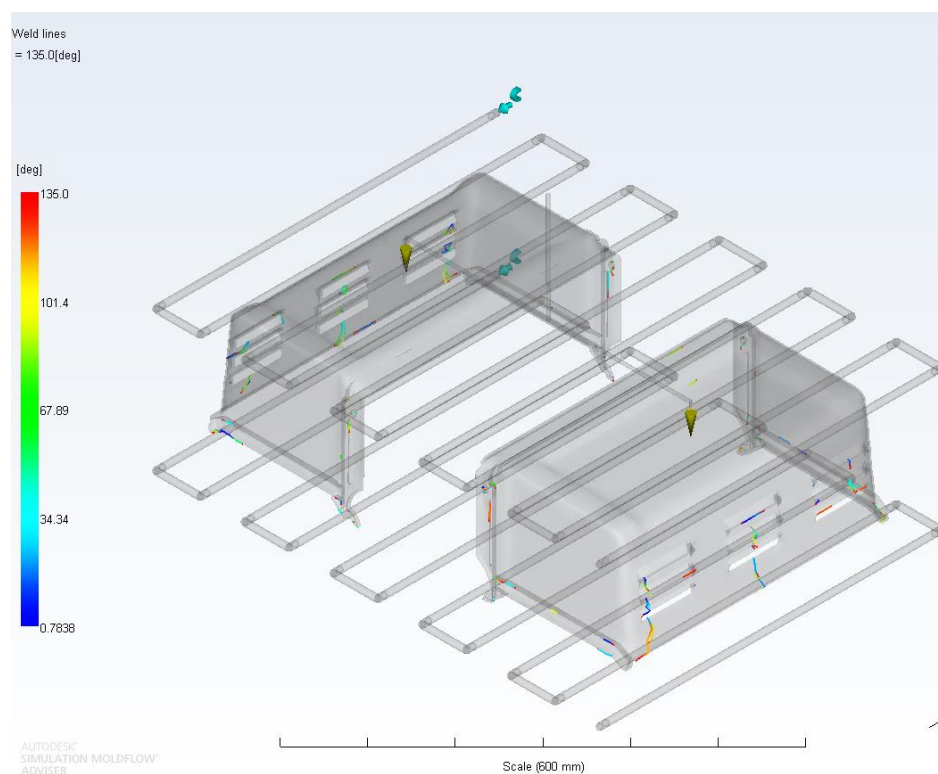
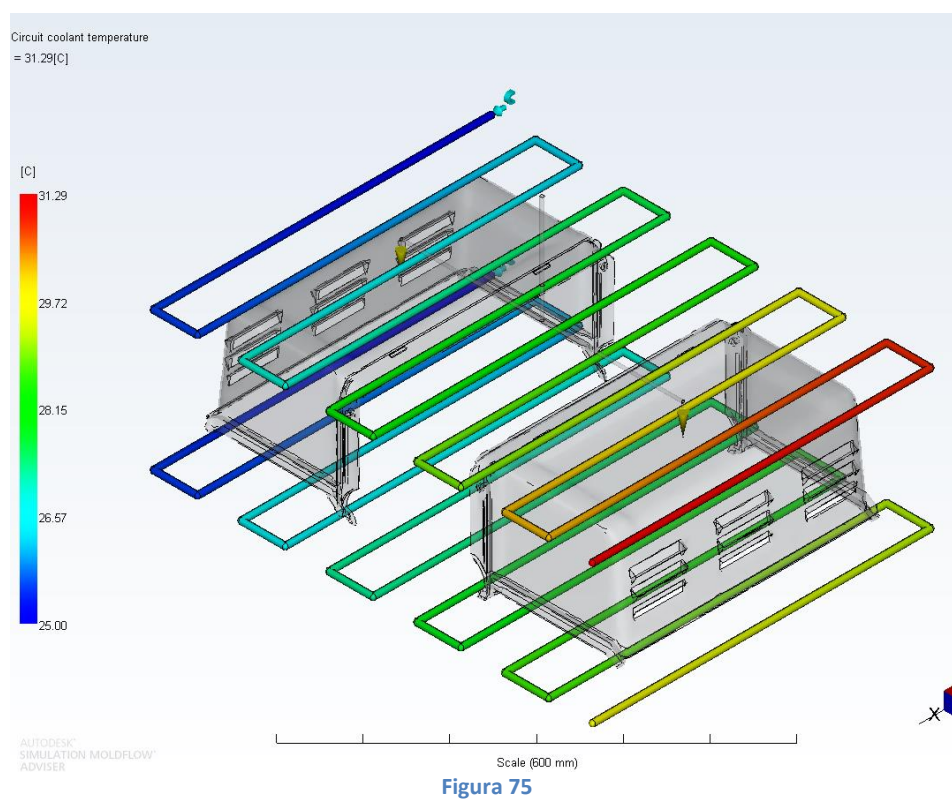


Figura 73

➤ Líneas de soldadura



➤ Temperatura de refrigerante





➤ Calidad de refrigeración

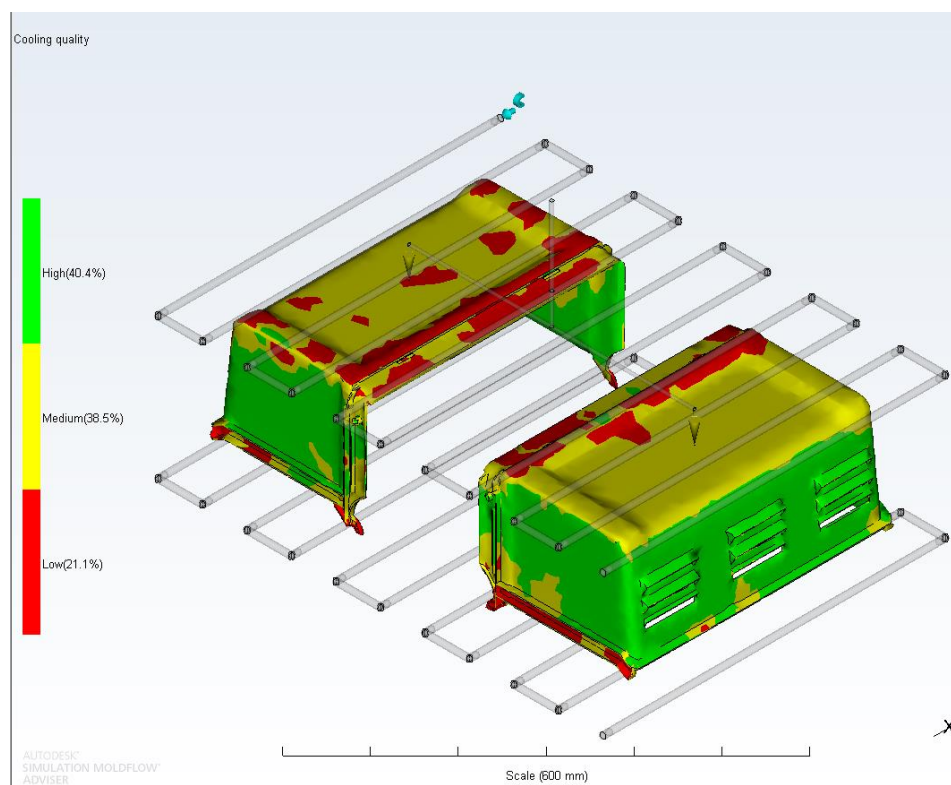


Figura 76

➤ Contracción

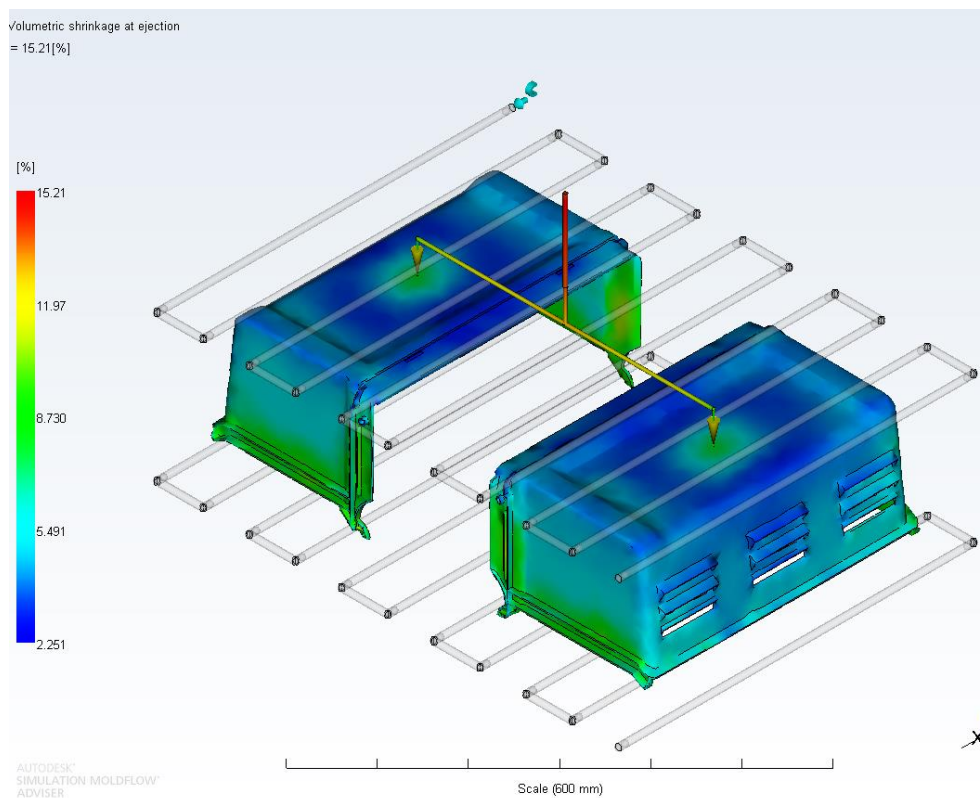


Figura 77



➤ Deformación

Referencia 1 mm:

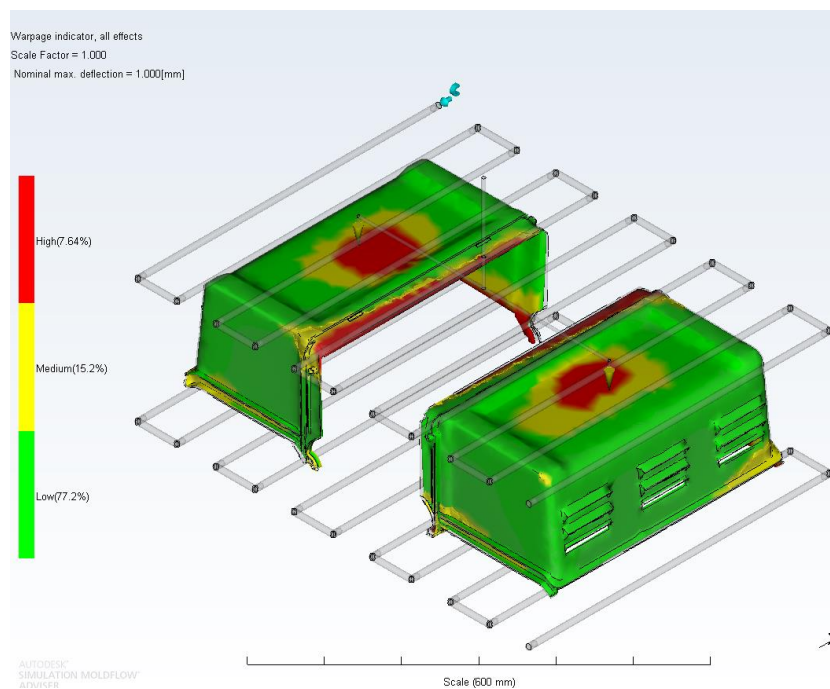


Figura 78

Referencia 1.5 mm:

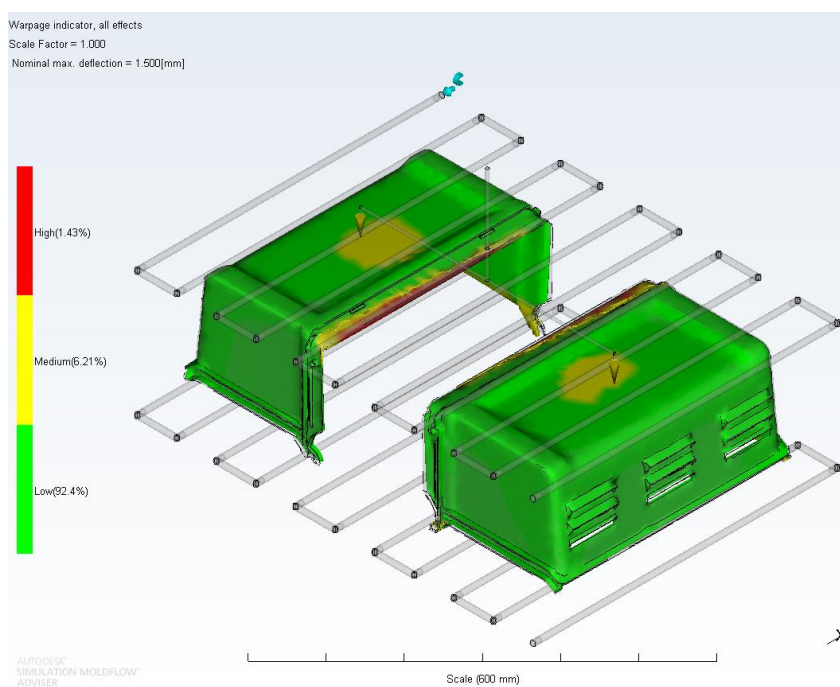


Figura 79

Referencia 2 mm:

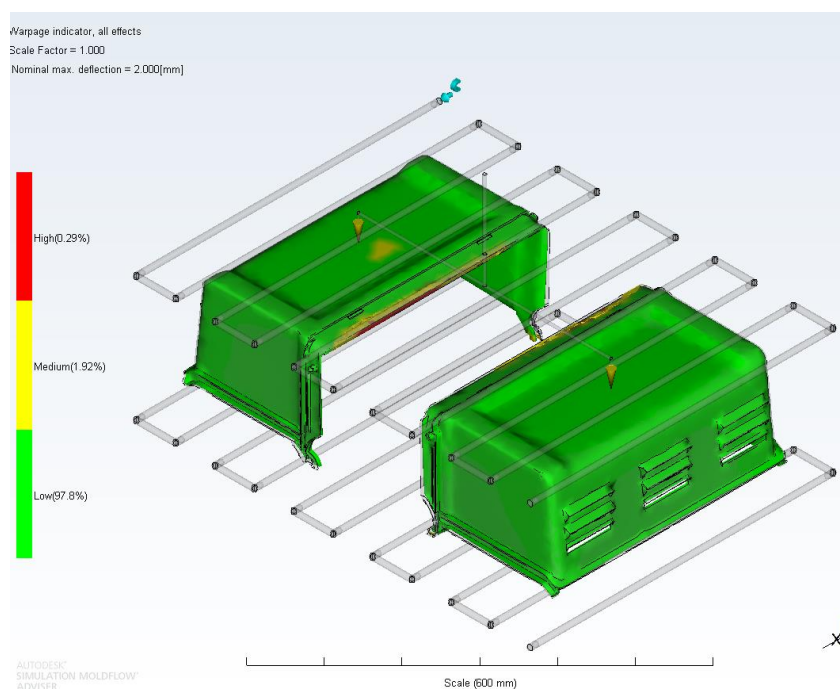


Figura 80

Referencia 2.5 mm:

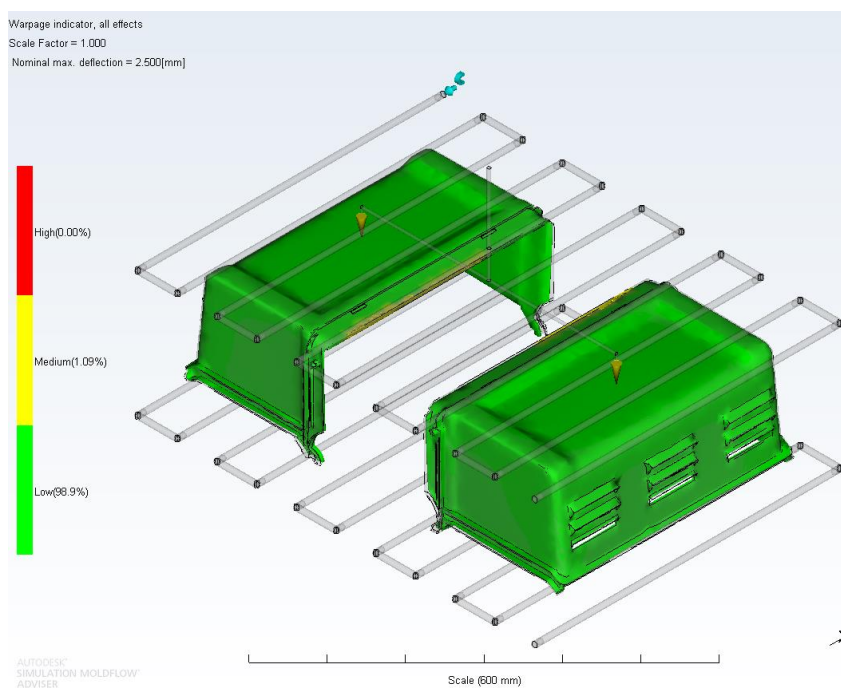


Figura 81



➤ Más resultados:

- Máxima presión: 120 MPa
- Fuerza de cierre: 892.22 Tn
- Tiempo ciclo: 45''
- Tiempo de llenado: 2.49''
- Tiempo de enfriamiento: 27.59''
- Peso: 866.693 g
- Temperatura de molde: 50°C
- Temperatura de fundido: 240°C

### Conclusión

Se observa que el tiempo de llenado ha aumentado muy levemente hasta 2.48''. No es importante.

En cuanto a la confianza de llenado, a pesar de que el programa ofrezca la mayor parte de los cajones en tono amarillo que indica que la confianza de llenado es media, se comprueba que el llenado es total.

La calidad de la pieza se ha reducido siendo baja en el 92.7%. Este dato no es aceptable. Se mejorará añadiendo más puntos de inyección.

Dado que se ha limitado la presión máxima a 120 MPa, la inyección se realiza por un único punto y la sección de los canales es escasa, la presión en la mayor parte de las piezas es máxima. A pesar de esto, la presión se debe ver reducida todavía hasta cerca de los 100 MPa.

La temperatura ha aumentado debido a que se ha aumentado la temperatura del fundido y del molde con el objetivo de reducir la presión necesaria, dado que el material fluiría mejor sin llegar a degradarse.

Se observa como el tiempo de expulsión viene limitado por el enfriamiento del bebedero. Hasta que no se solidifique no se podría expulsar. Se solucionará este problema con el uso de cámaras calientes.

Se observa una leve mejoría en cuanto a las líneas de unión, puesto que alguna se ha eliminado. El aumento de la temperatura de fundido y de molde tiene que ver con esta mejoría.

La temperatura de refrigeración ha aumentado hasta 31.29 °C, lo cual es lógico, dado que han aumentado las temperaturas de fundido y de molde. A pesar de ello, una diferencia de 6 °C entre entrada y salida podría ser alta, o visto de otro modo, se podría reducir creando dos circuitos independientes en vez de uno común.

Finalmente en cuanto a las deformaciones se puede observar cómo han aumentado notoriamente, aumentándose la deformación de la parte frontal del cajón hasta 2.5 mm. Para rebajar esta deformación se podría reducir la temperatura de

refrigeración y sobre todo realizar un diseño de los canales de refrigeración más específico.

Tras analizar todos los resultados logrados en estas dos simulaciones, se consultó con el Jefe de producción de la planta los diferentes parámetros. Comentó que la presión de inyección debe estar en torno a 90-100 MPa, la segunda presión en torno a 40 MPa, la temperatura de refrigerante en torno a 15 °C y temperatura en función del material. En ese momento, dado que se está inyectando polipropileno con un 40% de talco, la temperatura de fundido del material está en 240 °C.

Por lo tanto, para el próximo estudio, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Máxima presión: 100 MPa
- Segunda presión: 40 MPa
- Fuerza de cierre: Menor de 1000 Tn
- Tiempo ciclo: 40''
- Temperatura de molde: 50°C
- Temperatura de fundido: 240°C
- Temperatura de refrigerante: 15 °C
- Dos puntos de inyección
- Cámara caliente
- Dos circuitos de refrigeración independientes
- Velocidad de llenado al 50 %
- Material a utilizar

### Estudio nº 3

Para el tercer estudio del Lower Freezer se ha diseñado un nuevo circuito de refrigeración, repartido en varios sub-circuitos, para conseguir una mejor refrigeración del cajón y por lo tanto menores tiempos de enfriamiento y menores deformaciones. En las siguientes imágenes se pueden observar dichos circuitos:

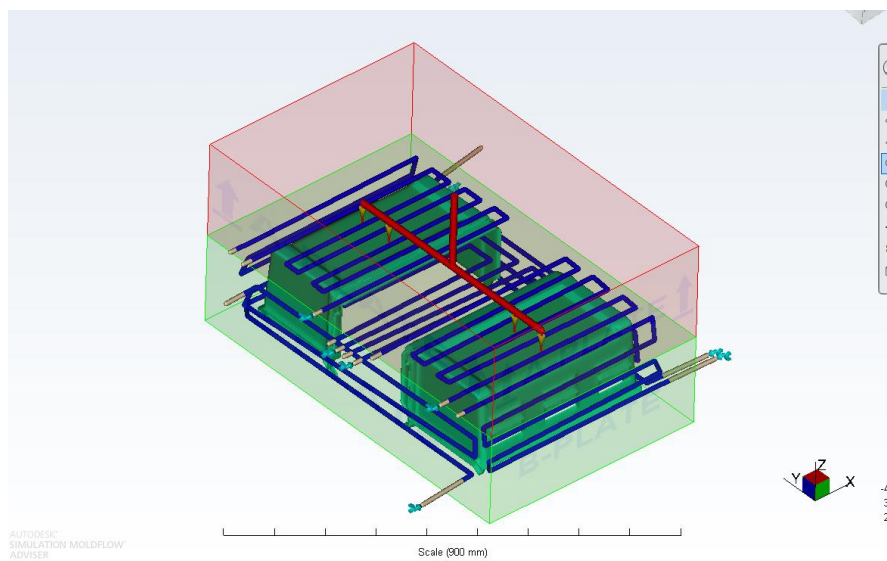


Figura 82

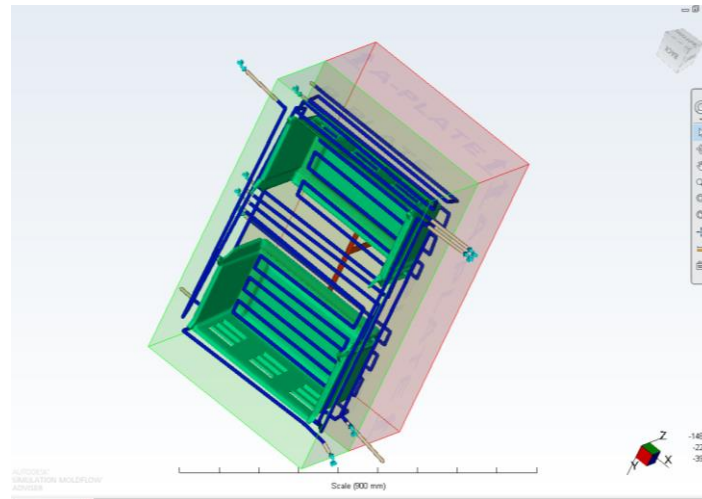


Figura 83

Estos circuitos de refrigeración son mucho más similares a los utilizados en la realidad. También se puede observar que se ha añadido un punto de inyección por cajón y que se ha ampliado la sección de los mismos, siendo las entradas circulares de diámetro 5 mm, y los canales y el bebedero de 15 mm de diámetro.

Tras un análisis inicial, se observó que la deformación en la zona de la base del cajón era muy pequeña, por lo que no se justificaba la cantidad de conductos de refrigeración en esa zona, siendo más importante en las zonas laterales. Por ello, se modificó el circuito de refrigeración, como se puede ver en la siguiente imagen.

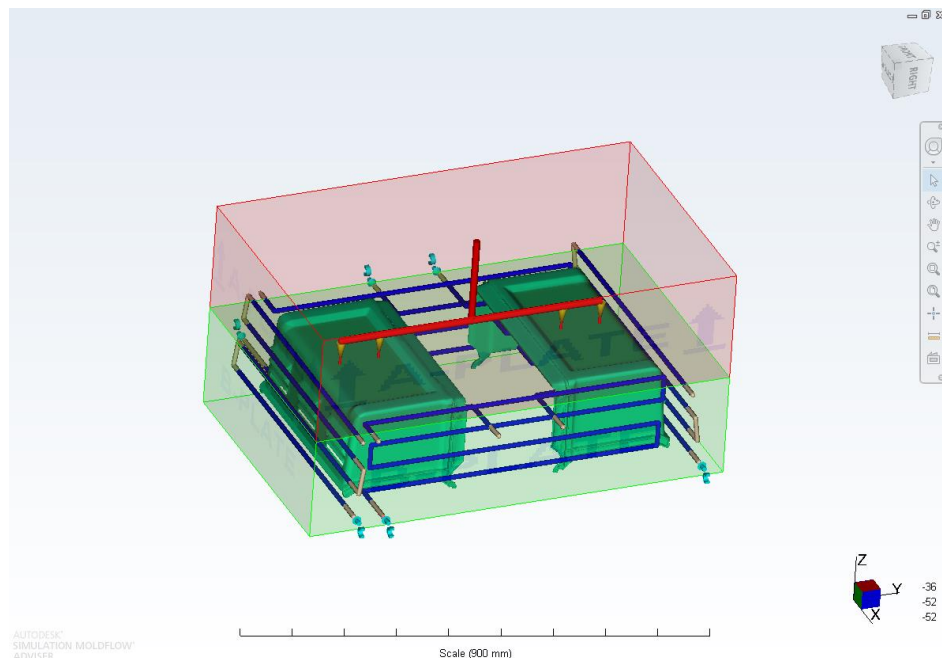


Figura 84

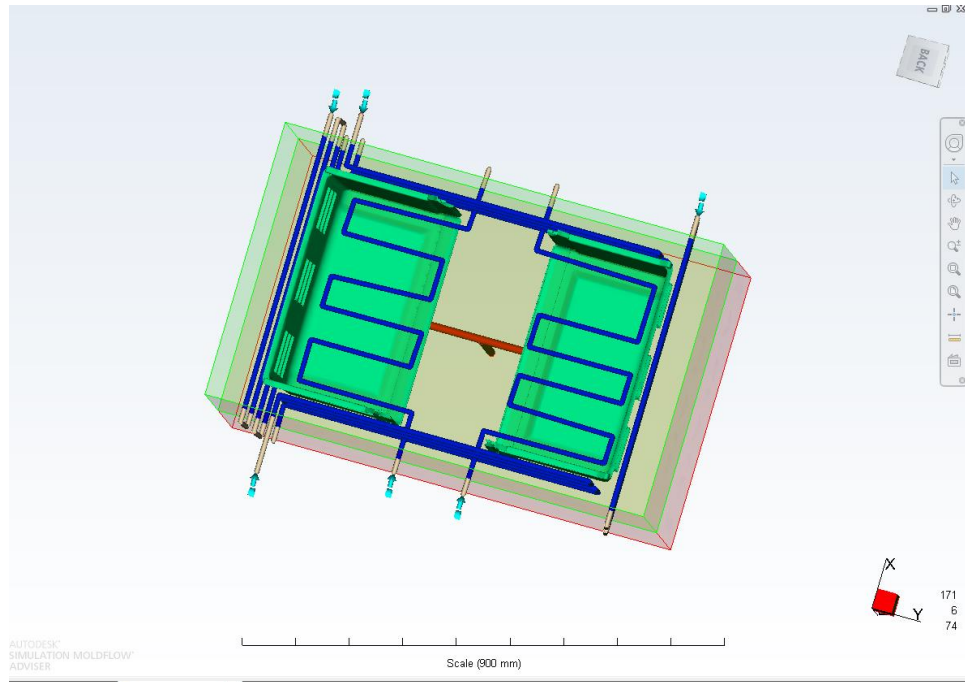
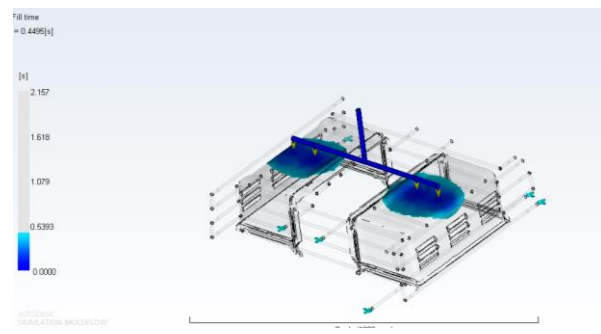
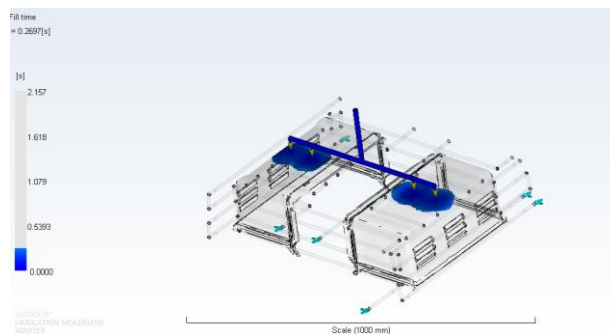


Figura 85

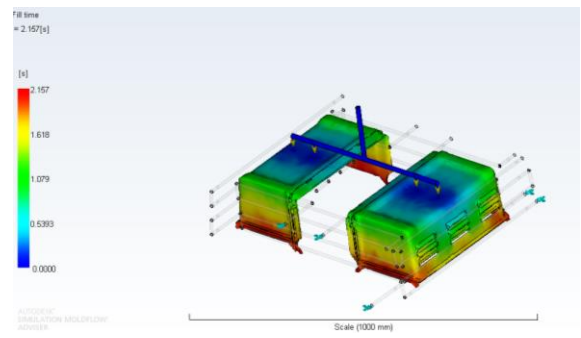
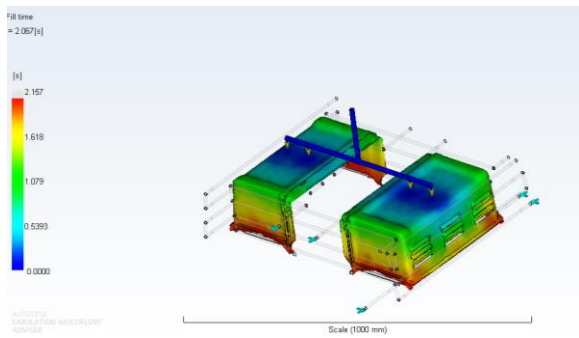
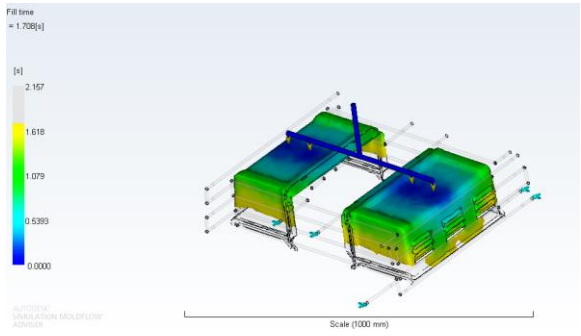
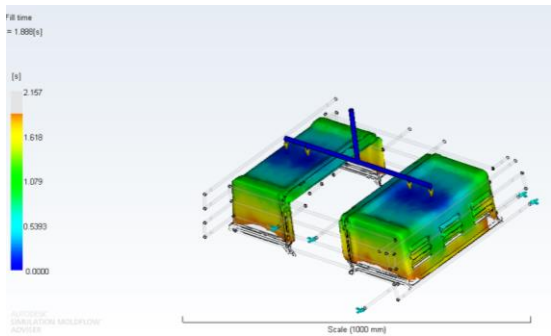
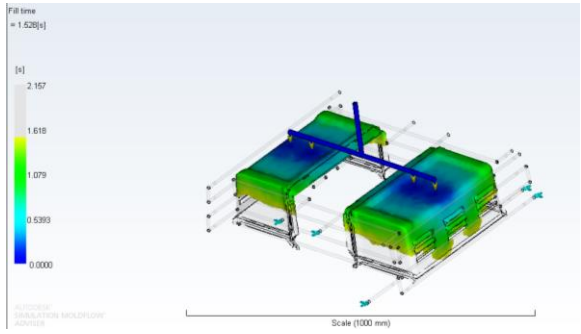
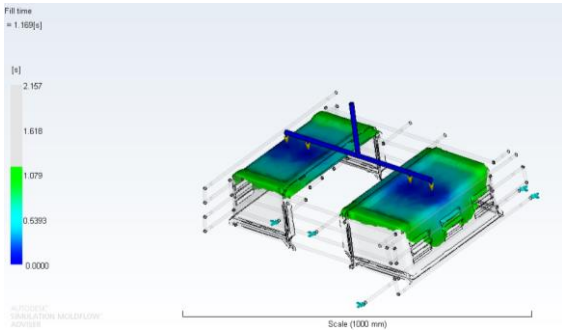
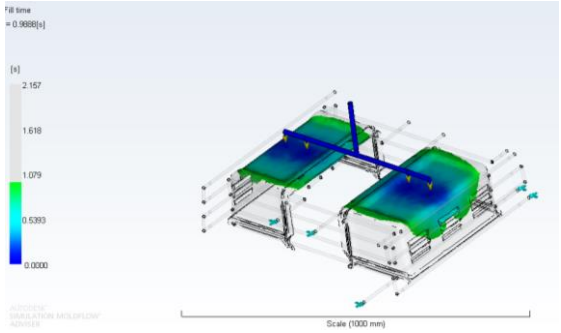
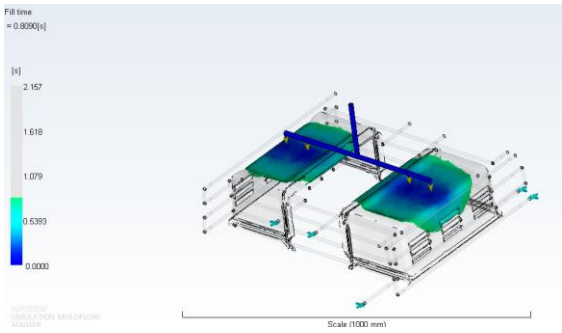
Como se puede observar, se ha simplificado el circuito de refrigeración en la zona anteriormente mencionada y se ha mejorado en las zonas laterales y trasera, que debido a su geometría, son las que más se deforman.

Con esta configuración, se lleva a cabo el análisis y ofrece los siguientes resultados:

➤ Tiempo de llenado







➤ Confianza de llenado

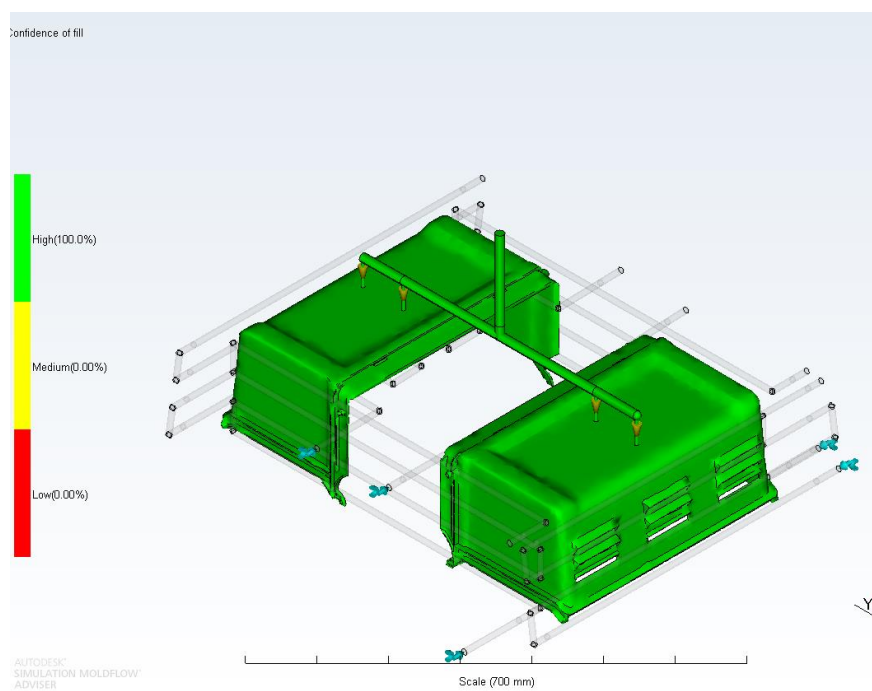


Figura 86

➤ Calidad

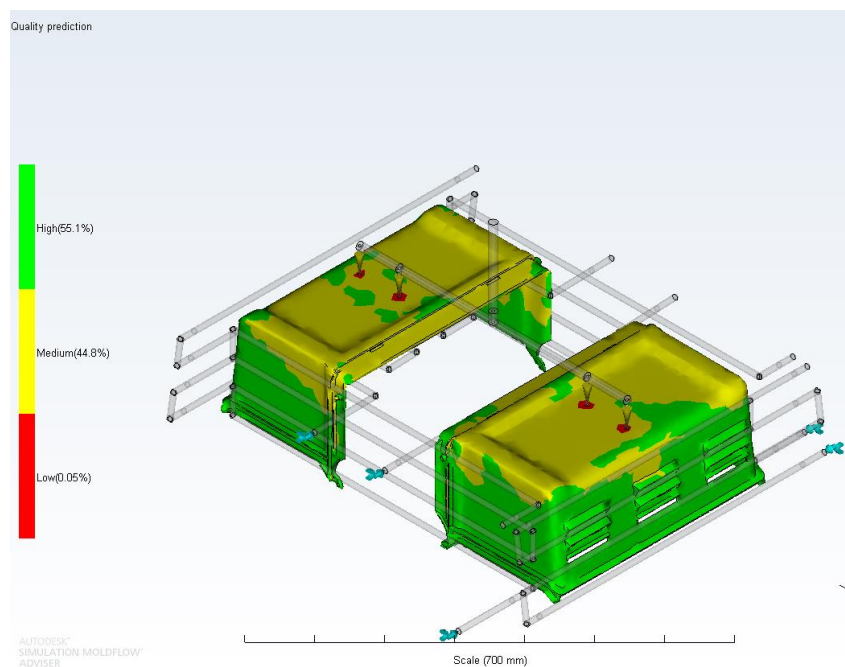


Figura 87



➤ Presión de inyección

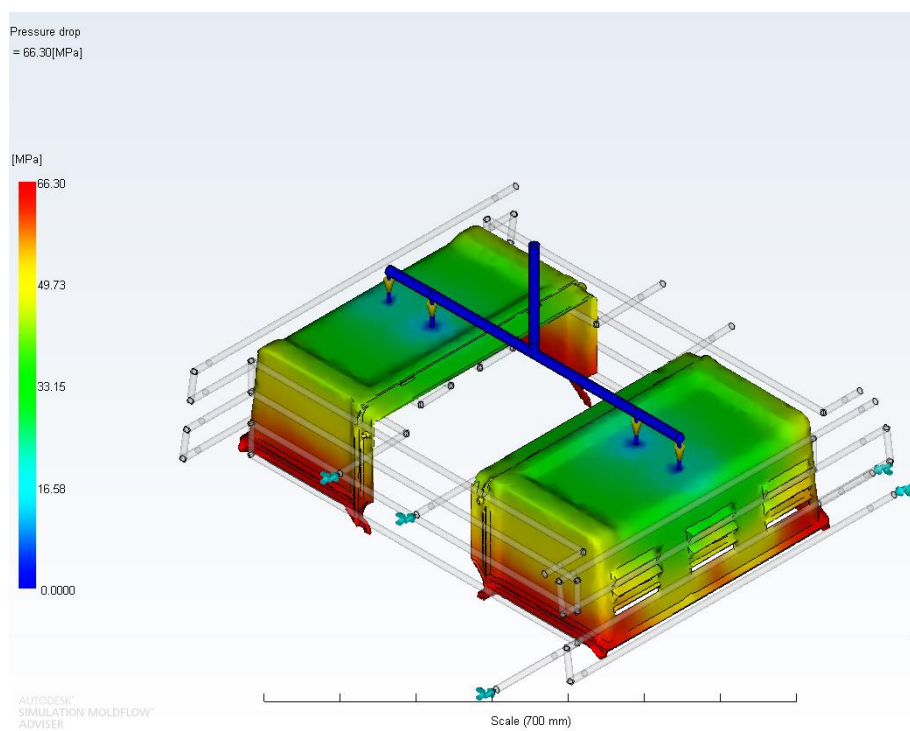


Figura 88

➤ Temperatura media

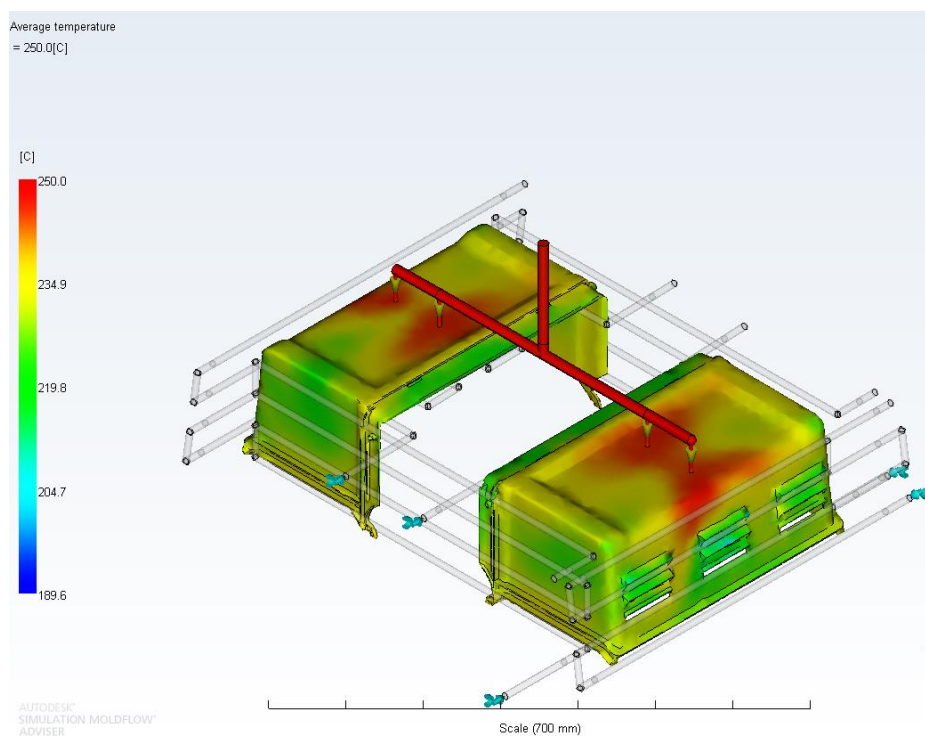


Figura 89

➤ Tiempo para expulsión

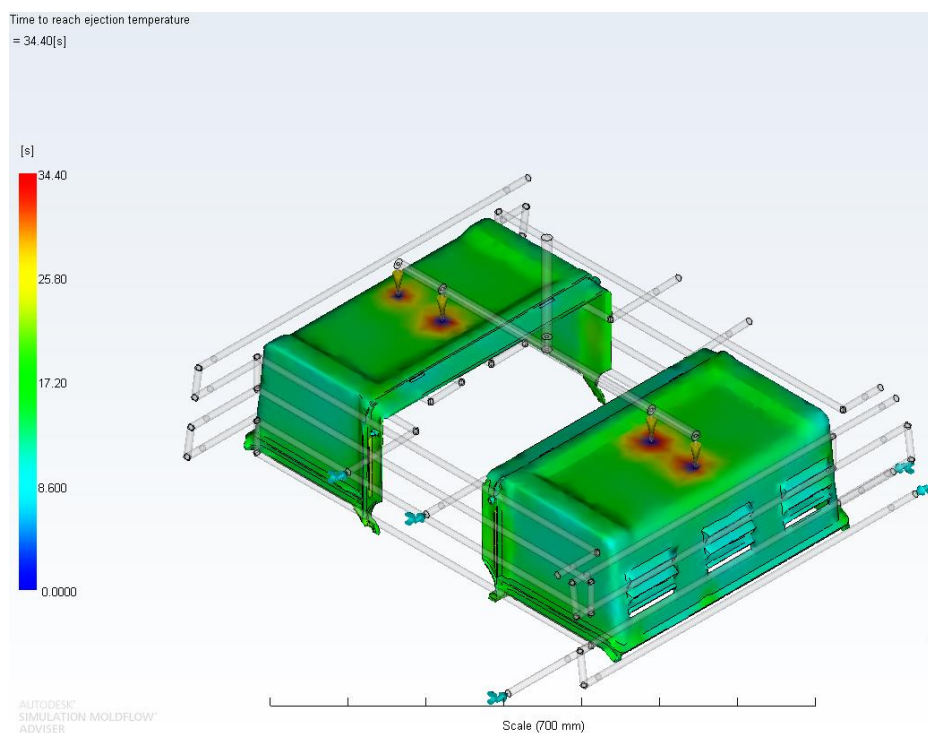


Figura 90

➤ Atrapamiento de aire

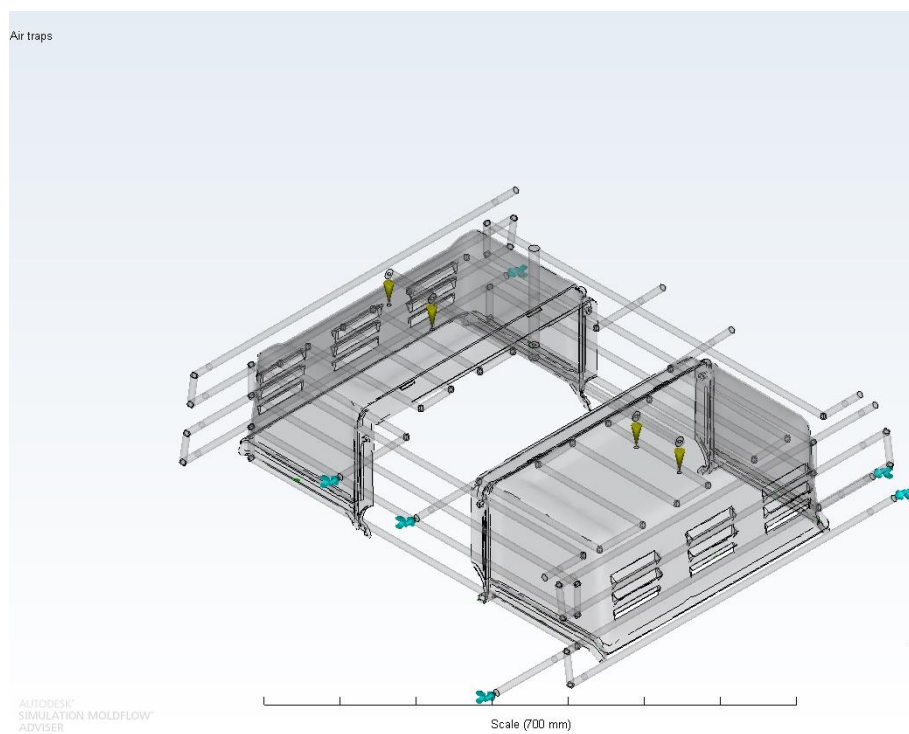


Figura 91

➤ Líneas de soldadura

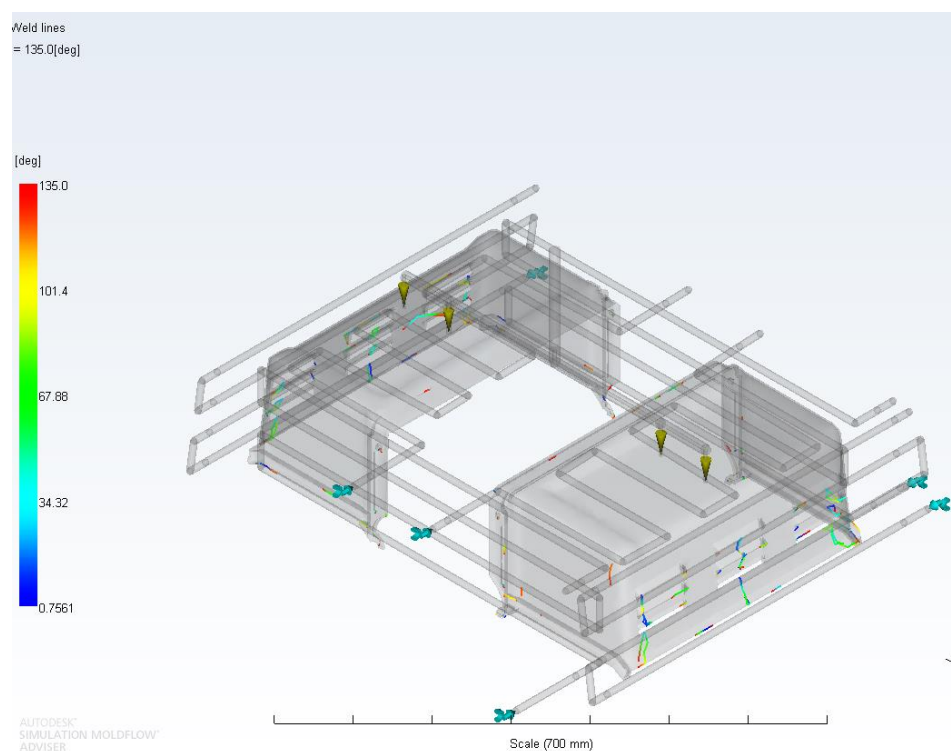


Figura 92

➤ Temperatura de refrigerante

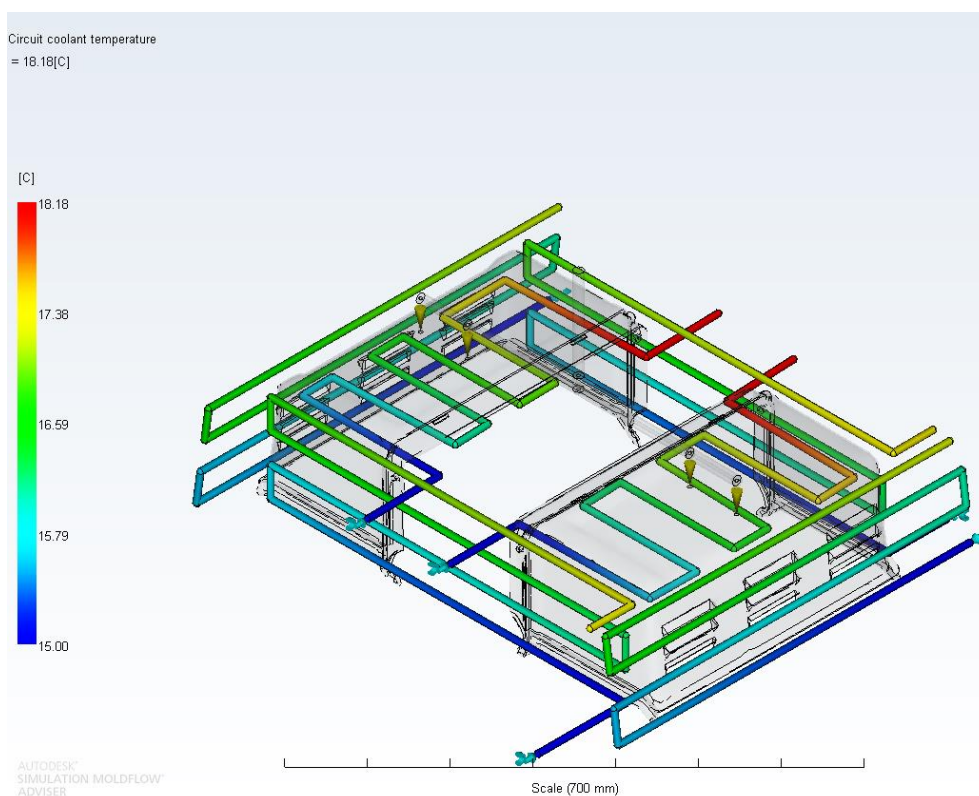


Figura 93

➤ Calidad de refrigeración

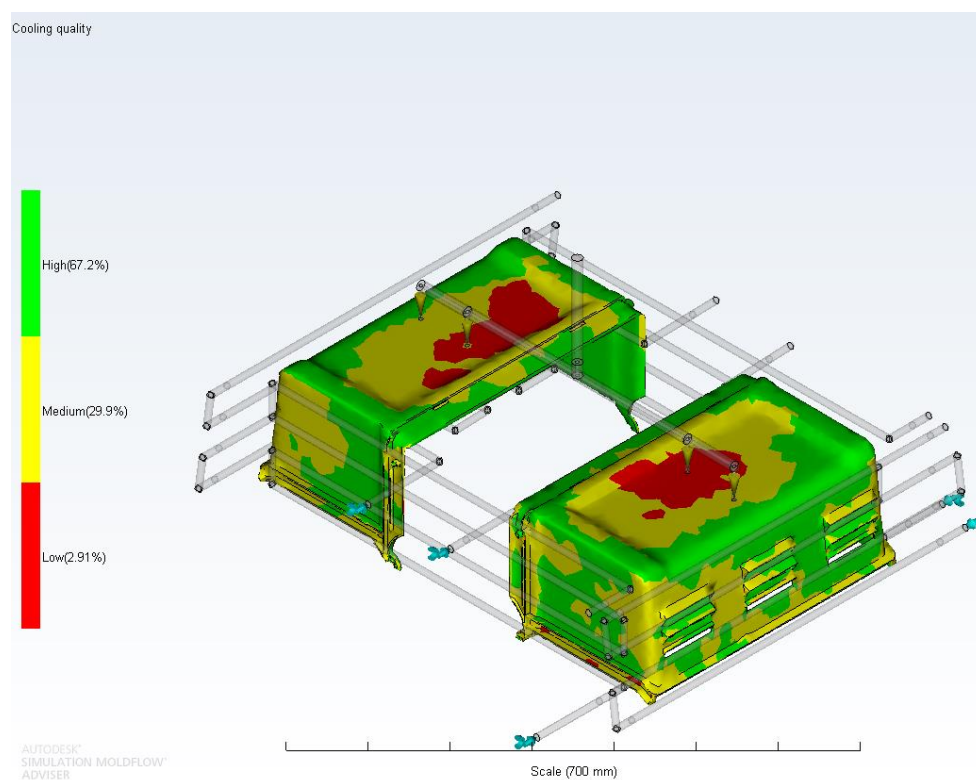


Figura 94

➤ Contracción

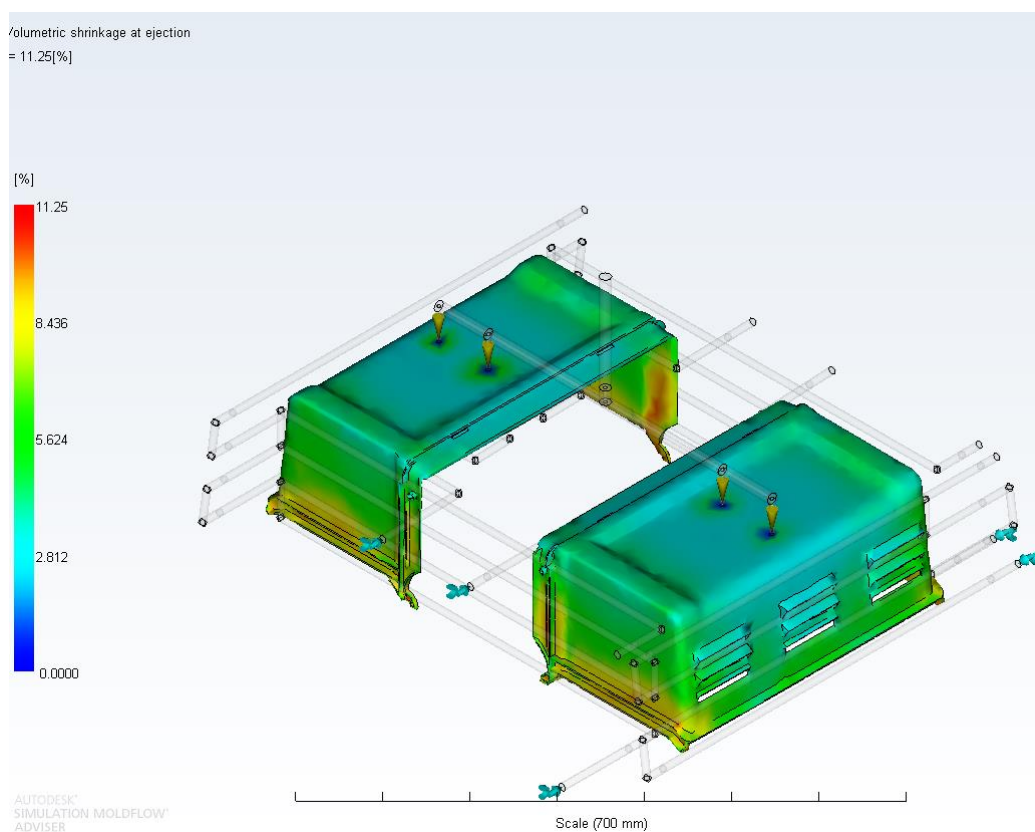


Figura 95



➤ Deformación

0.75 mm:

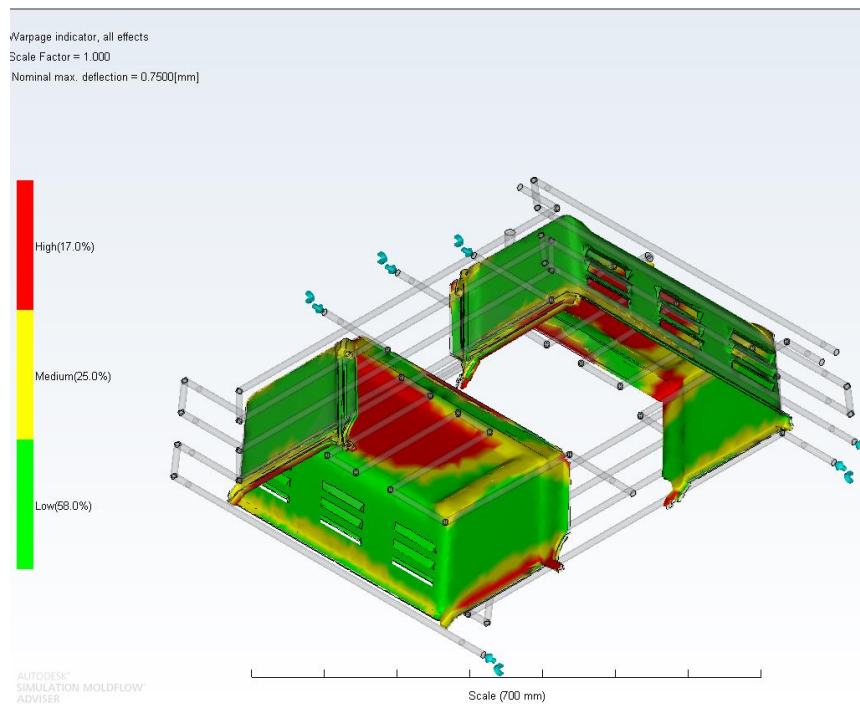


Figura 96

1,00 mm:

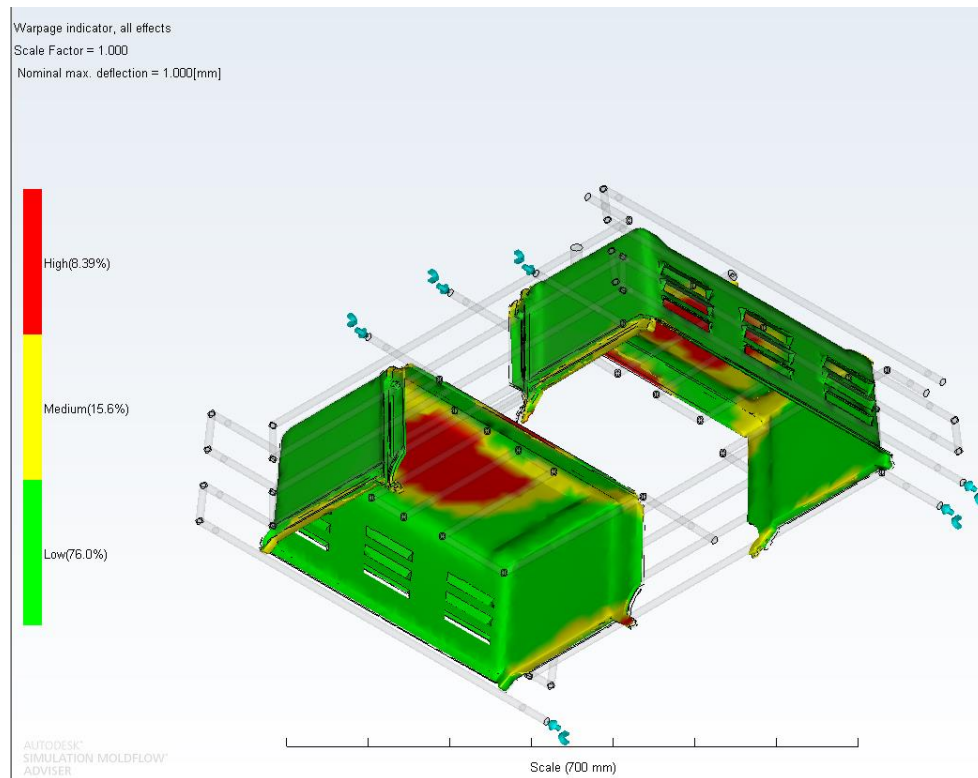


Figura 97

1,50 mm:

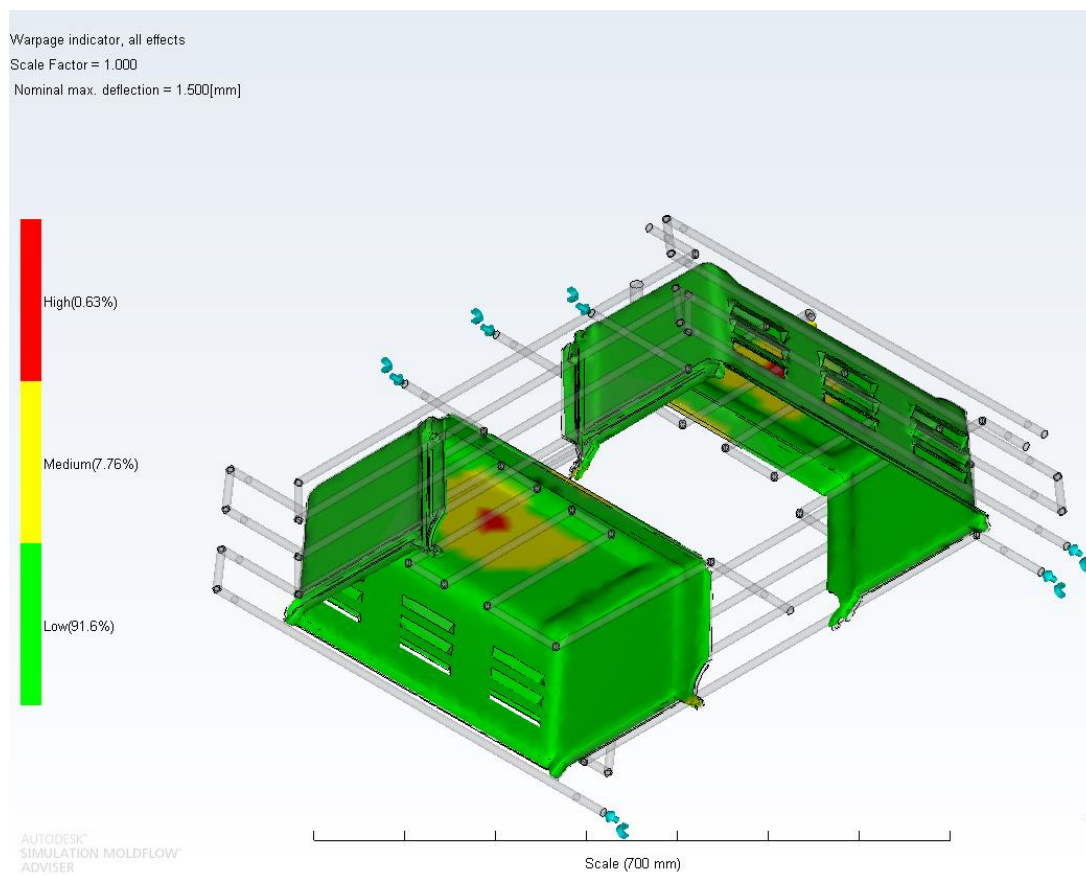


Figura 98

2,00 mm:

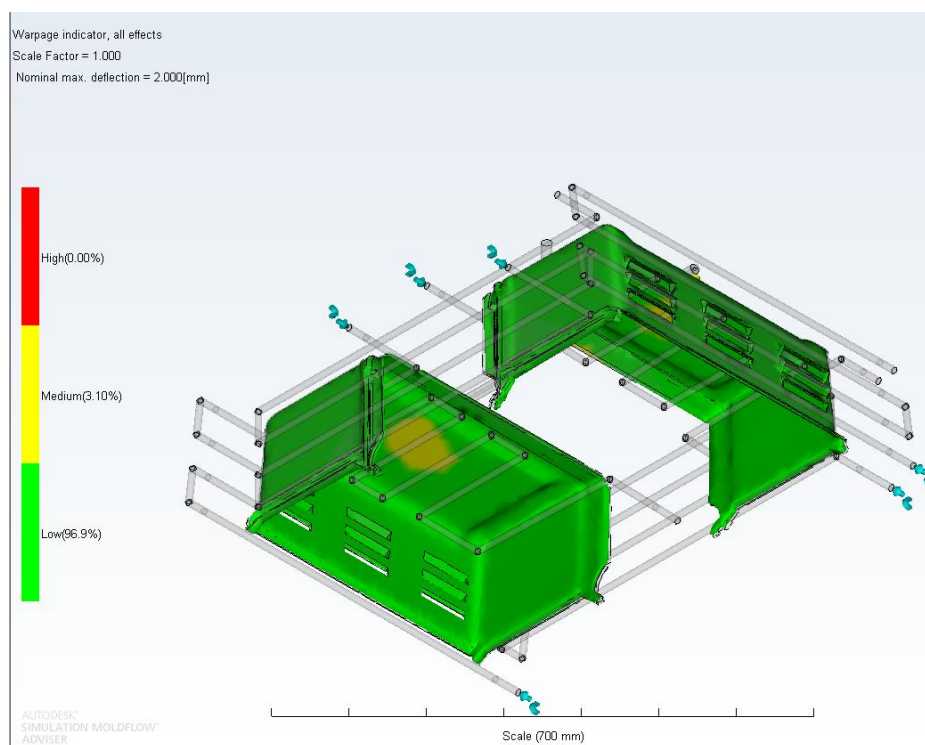


Figura 99



➤ Más resultados:

- Máxima presión: 66.303 MPa
- Fuerza de cierre: 694.589 Tn
- Tiempo ciclo: 38"
- Tiempo de llenado: 2.16"
- Tiempo de enfriamiento: 22.99"
- Peso: 868.279 g
- Temperatura de molde: 50°C
- Temperatura de fundido: 240°C

### Conclusiones

Se observa que el tiempo de llenado se ha reducido hasta 2.16". Cualquier reducción en tiempo se toma como positiva.

La confianza de llenado es total.

La calidad de la pieza final se ha mejorado considerablemente. Mientras que antes el 92.7 % de la pieza era de calidad baja, ahora el 55.1% de la pieza es de alta calidad y el 44.8% de calidad media, por lo que la mejora es considerable.

Al aumentar el número de puntos de inyección y aumentar la sección de los conductos de inyección (bebedero, canales de alimentación y entrada) se ha reducido la presión hasta 66.303 MPa, lo que incluso se podría tener como baja. A pesar de ello, un valor tan bajo es correcto ya que se podría aumentar la presión manualmente desde la máquina para aumentar la compactación y reducir las deformaciones posteriores. Este proceso ya se lleva a cabo en la realidad.

La temperatura se ha reducido de los casi 300°C anteriores hasta los 250°C actuales. El dato del análisis anterior resulta extraño ya que el material fundido entra a 250°C. El aumento de temperatura se podría deber a la sobrepresión con la que se inyectaba al tener un único punto de inyección.

El tiempo de expulsión venia delimitado anteriormente por el conjunto de bebedero y canales. Ahora en cambio, como se utiliza la cámara caliente en la que el material se mantiene en estado fundido hasta la cavidad, se reduce el tiempo hasta 34.4 segundos.

Las líneas de unión se mantienen prácticamente constantes, ya que lo que determina su existencia es en gran parte las branquias traseras del cajón.

La temperatura del agua de refrigeración ha descendido desde los 31.3°C hasta los 18.1°C de la actual. Esto se debe a unos canales de refrigeración más cortos y una temperatura de entrada inferior (antes 25°C, ahora 15°C).

Finalmente en cuanto a las deformaciones se puede observar cómo han aumentado ligeramente en el gráfico (deformación al nominal de 1 mm) desde 7.64% hasta 8.39%, lo que confirma la menor importancia que tiene la refrigeración en esta zona. A pesar de que los resultados en deformaciones al nominal de 1 y 1.5 mm han

empeorado levemente, se puede observar que en las deformaciones al nominal de 2 mm los resultados han mejorado. Comparando la zona donde se va a encajar el frontal, la comparación entre ambas resulta en que el nuevo diseño de refrigeración mejora los resultados.

Esto se puede apreciar en la siguiente comparativa, donde se comparan las deformaciones medidas entre el modelo y el resultado del análisis con el estudio nº2 y el estudio nº3. En el estudio nº2 la deformación entre ambos puntos era de 8.9 mm, mientras que en el estudio nº3 la deformación es de 7.3 mm, lo que es una reducción de un 28% en la deformación en ese punto.

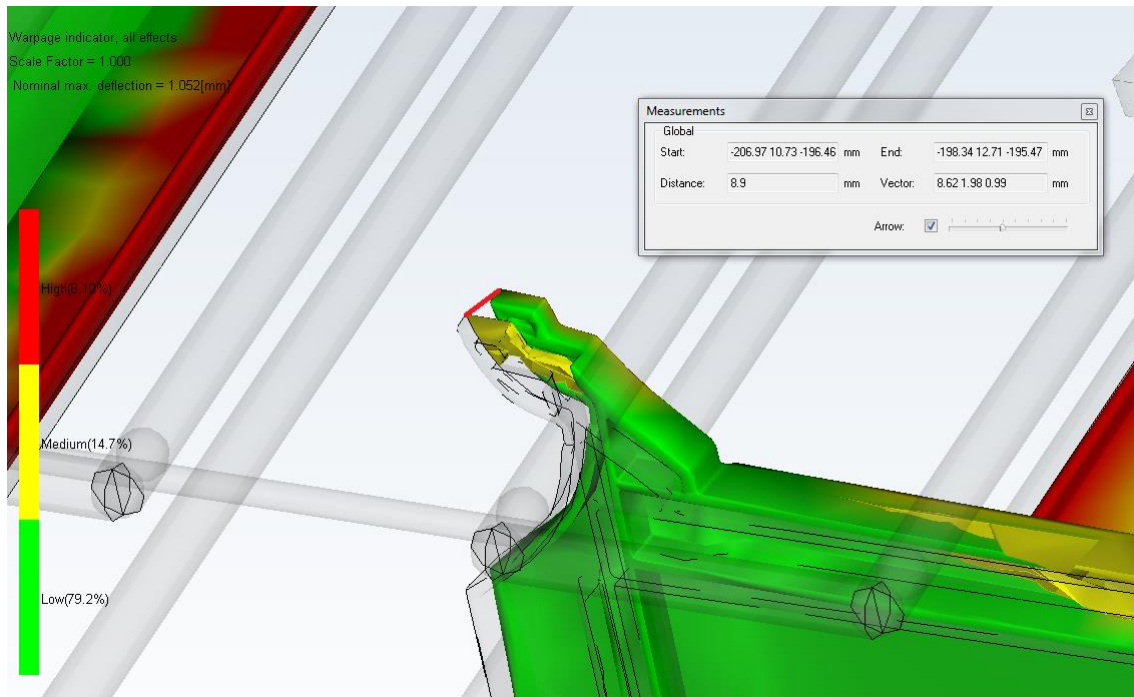


Figura 100



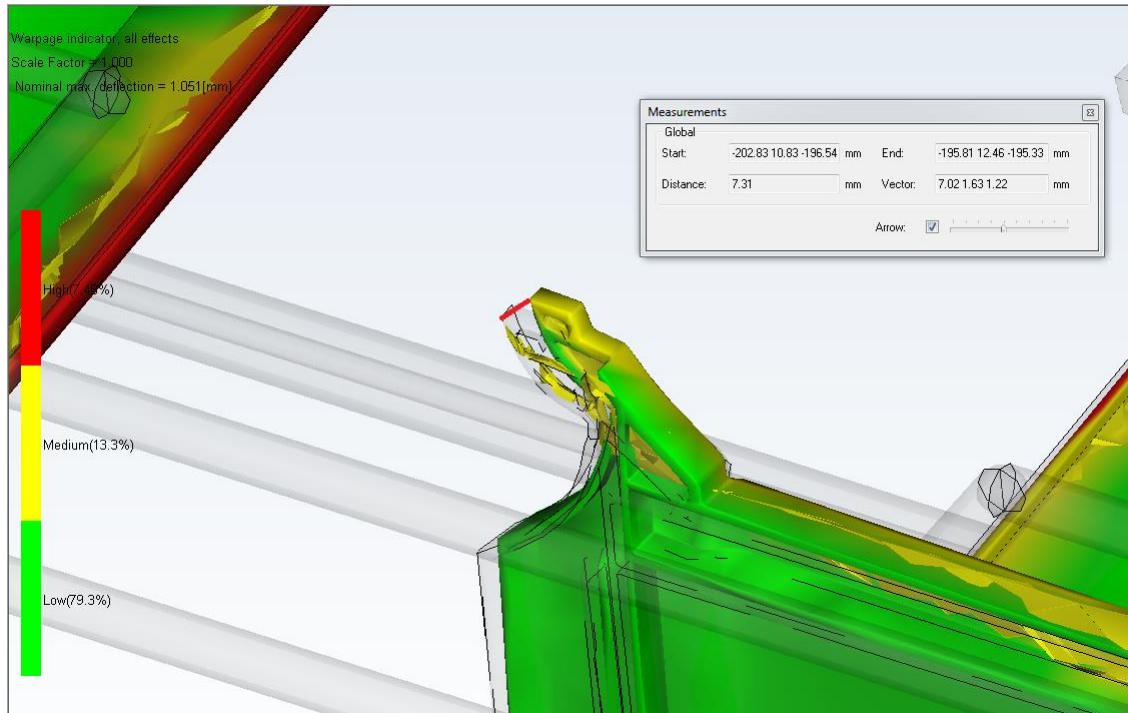


Figura 101

Tras analizar los resultados del último estudio, se decidió modificar la posición de los puntos de inyección por consejo del Jefe de Producción de la empresa, sin alterar ningún valor anterior.

#### Estudio nº4

Como se ha expuesto anteriormente, el diseño de los puntos de inyección se vio alterado en este estudio. De manera que se situaron de la siguiente manera:

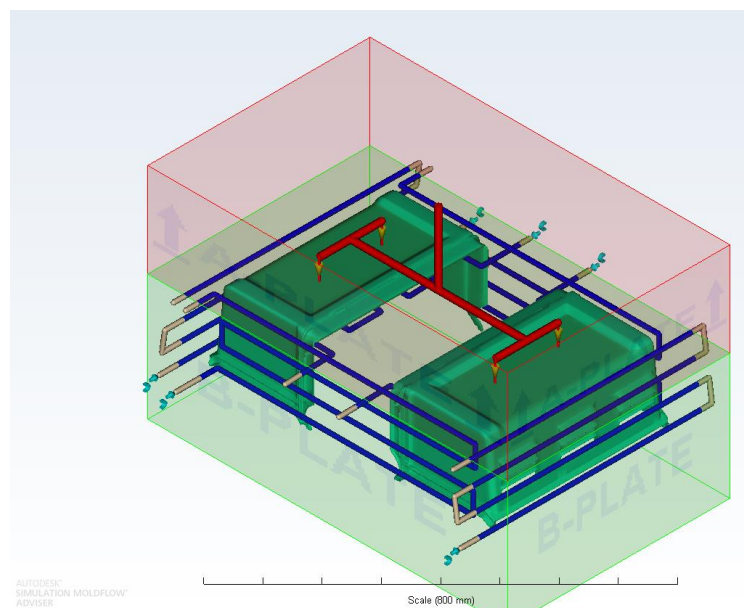
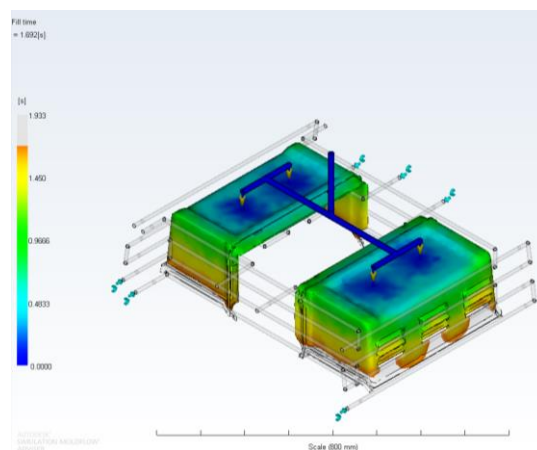
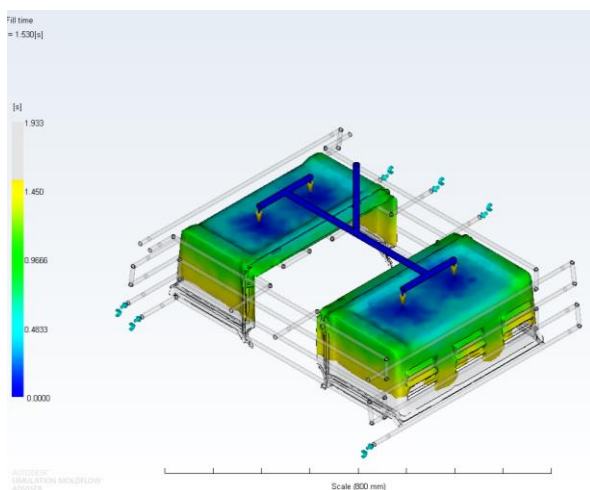
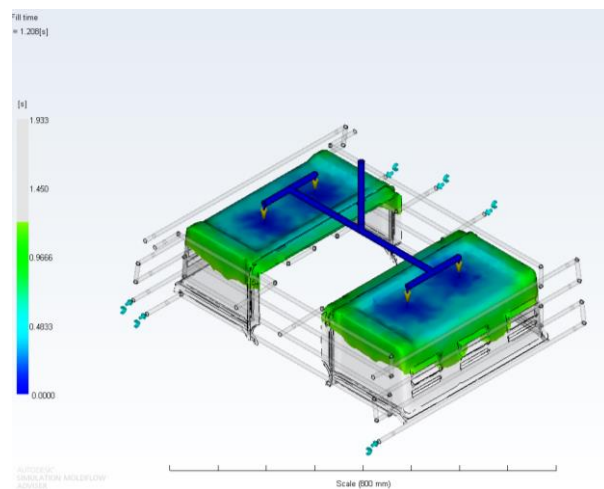
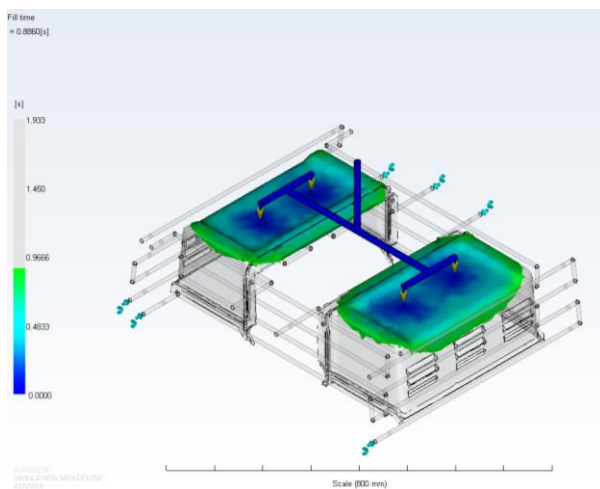
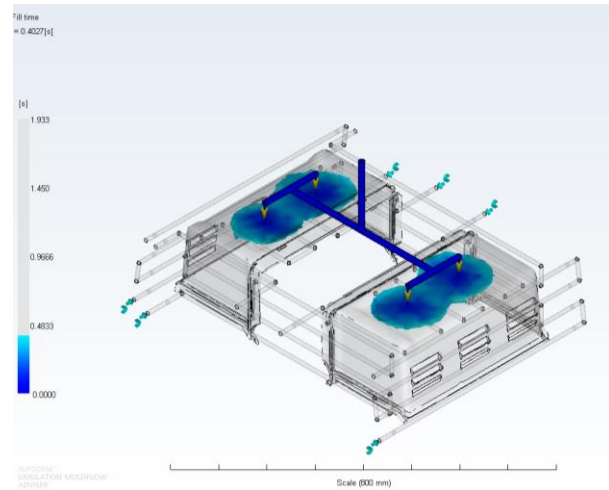
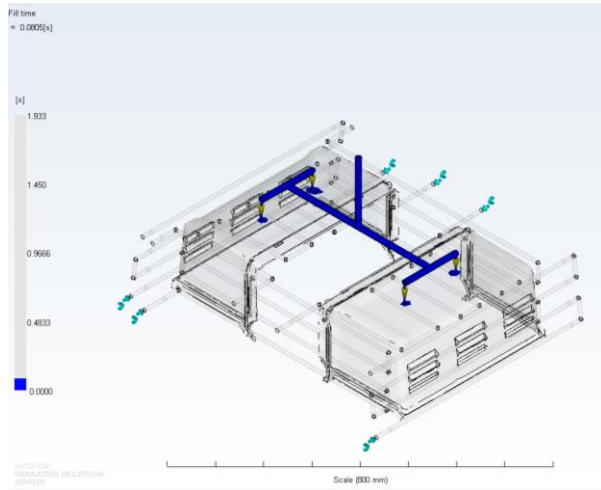
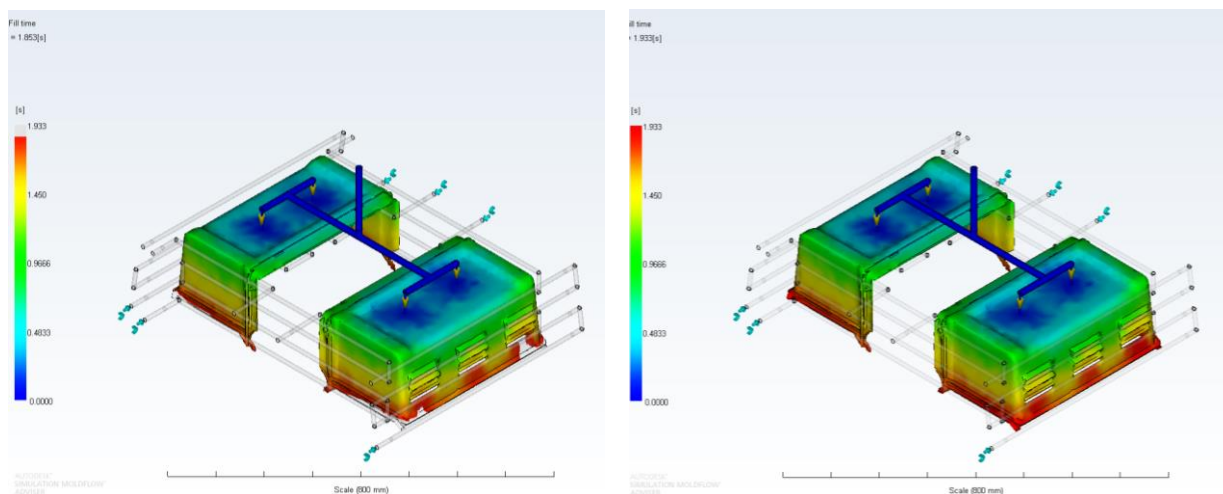


Figura 102

Dado que no se han alterado la mayoría de las condiciones del análisis, solo se mostrarán los parámetros que han observado una variación significativa.

➤ Tiempo de llenado





➤ Confianza de llenado

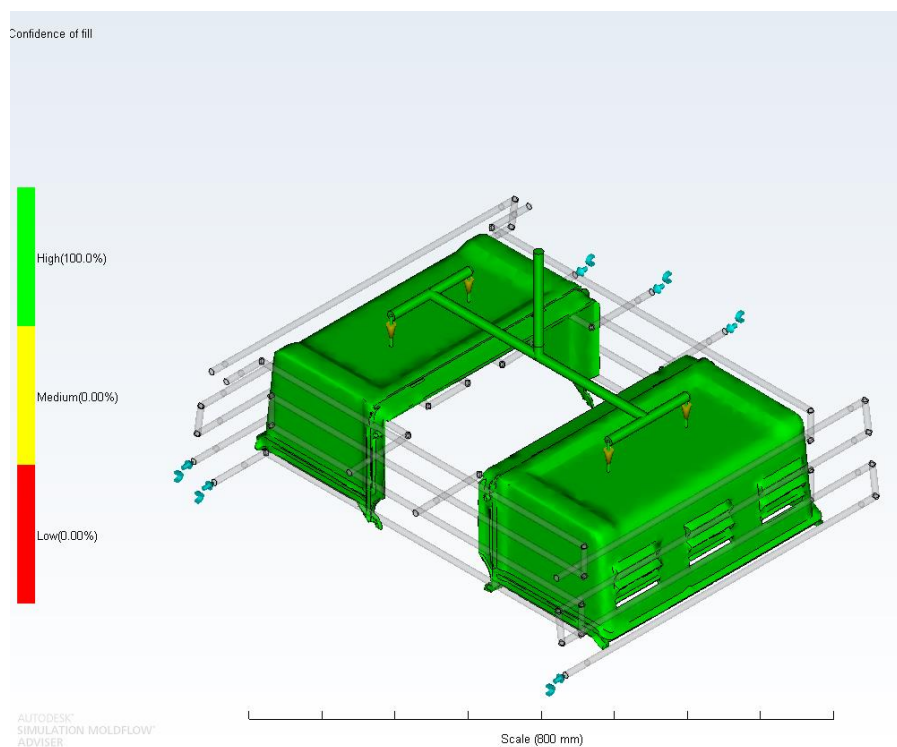


Figura 103

➤ Calidad

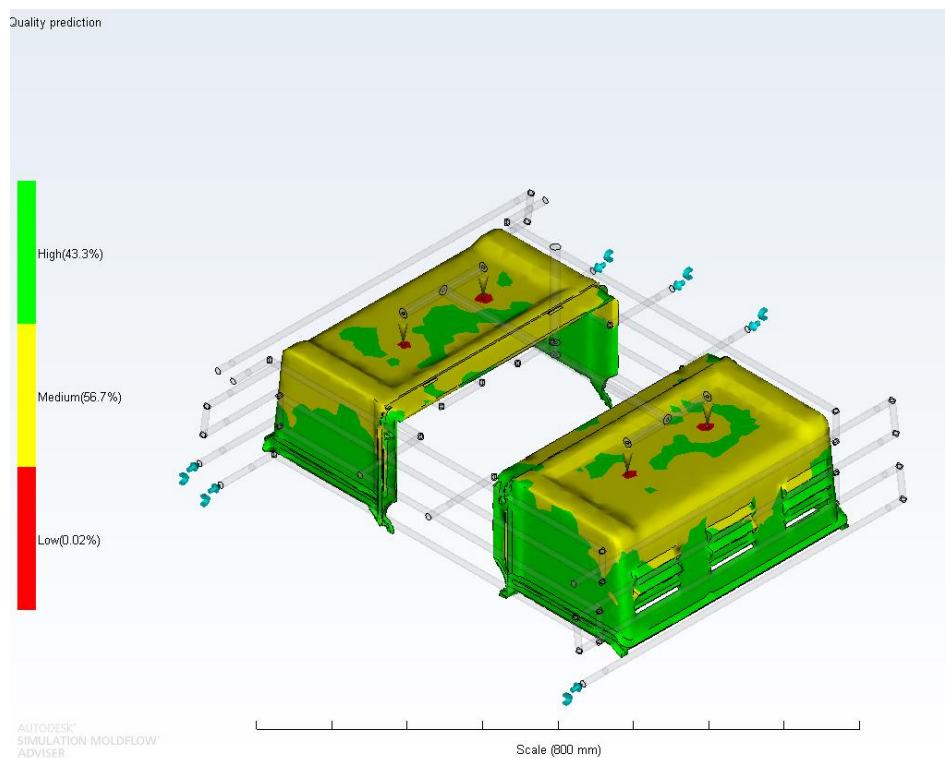


Figura 104

➤ Presión de inyección

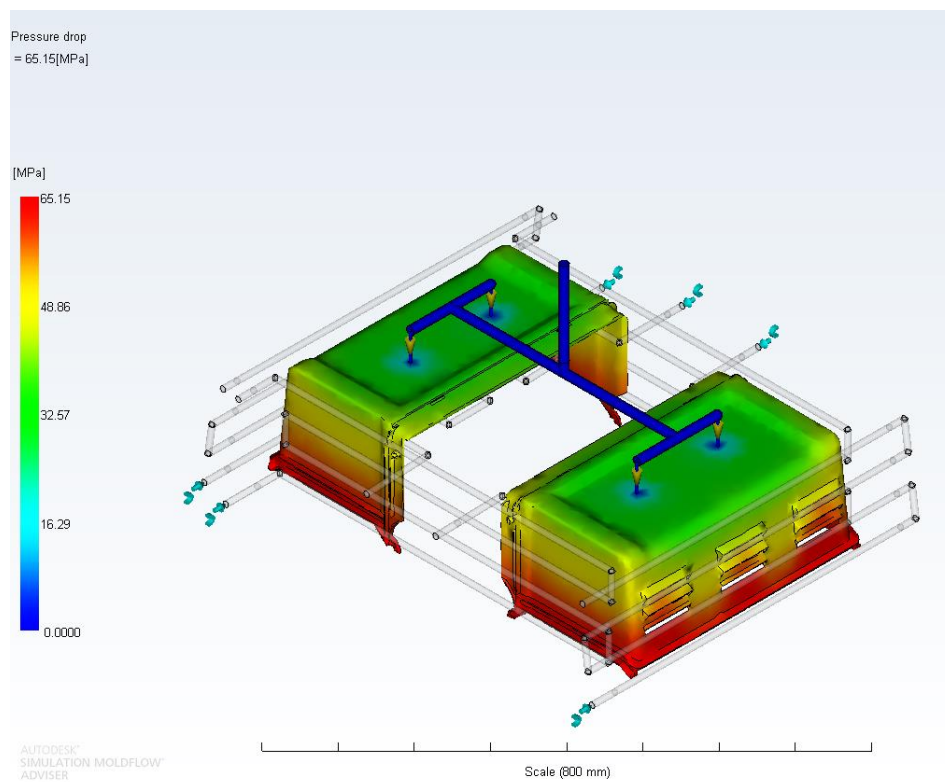


Figura 105



➤ Temperatura media

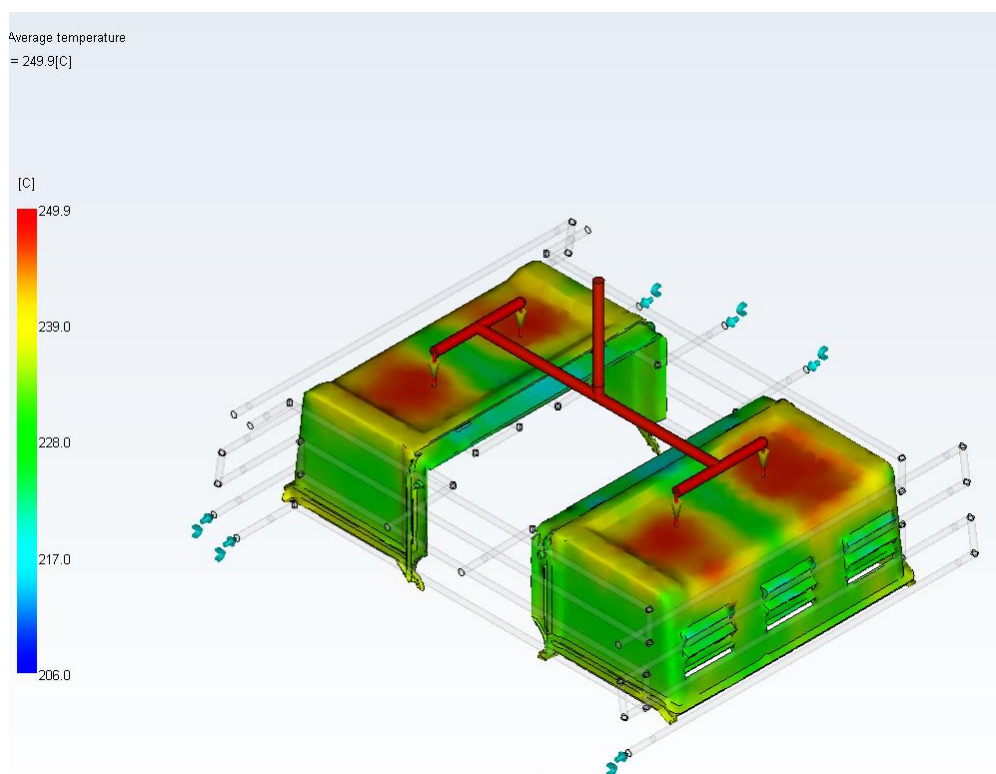


Figura 106

➤ Tiempo para expulsión

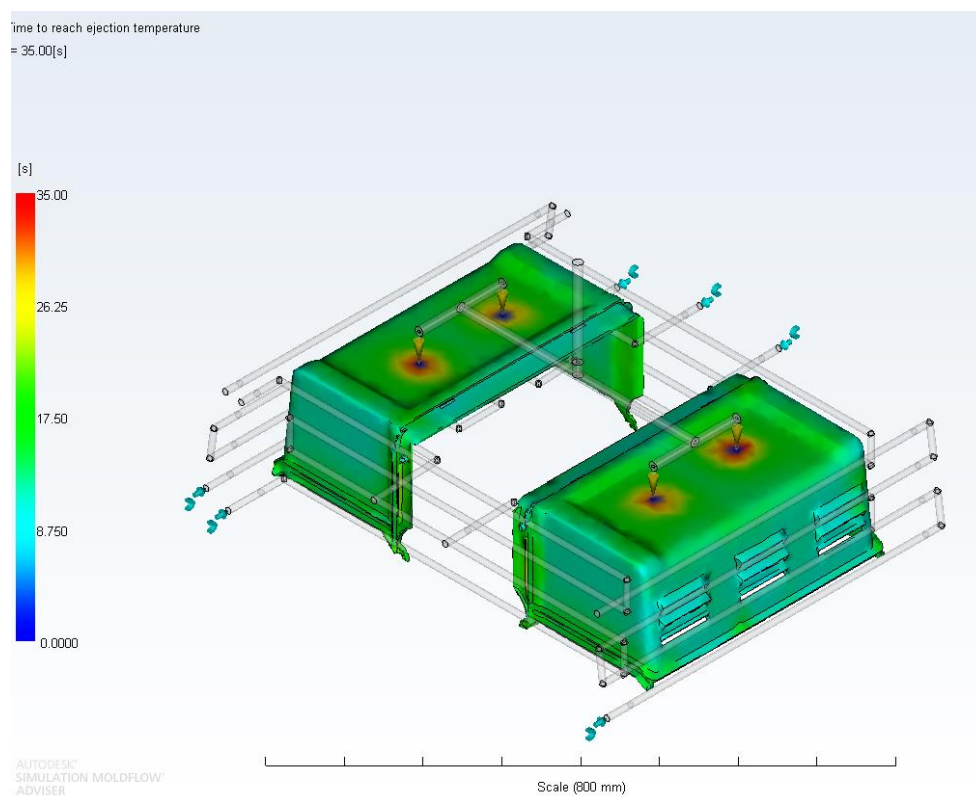


Figura 107

➤ Calidad de refrigeración

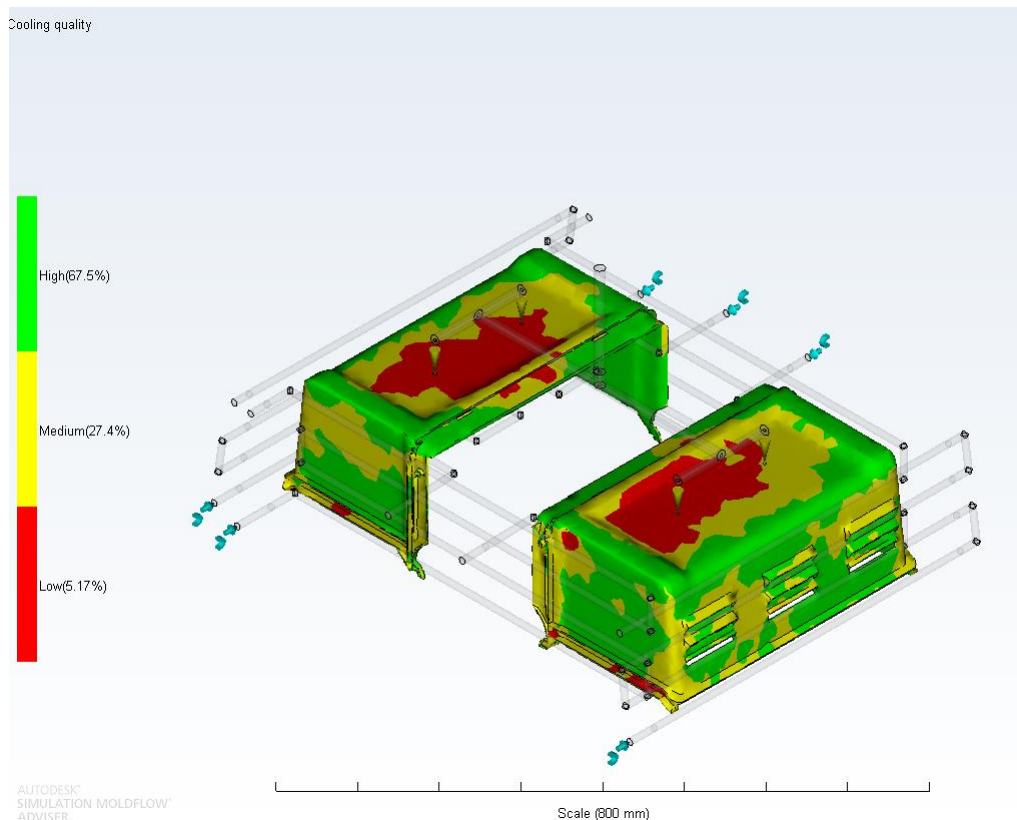


Figura 108

## Conclusiones

La nueva disposición de los puntos de inyección apenas ha aportado mejoras significativas respecto al anterior diseño de los puntos de inyección. La presión de inyección se ha visto reducida en 1 MPa, lo que resulta positivo pero relativamente sin importancia. Lo que sí se ha visto que ha mejorado ha sido la temperatura media del material en la pieza, ya que se ha reducido la temperatura de las zonas laterales donde se encaja el frontal, lo que seguramente se traduzca en una reducción de la deformación en esos puntos. Si la pieza se enfriaría totalmente en el interior del molde, no se debería producir deformación posterior alguna. Por lo tanto, si se reduce la temperatura de la pieza, la refrigeración será mejor y por lo tanto la deformación de la pieza.

## 11.2 Conclusiones generales

Tras haber realizado cuatro estudios sobre el cajón del congelador Lower Freezer, se llega a las siguientes conclusiones:

- La inyección se debe realizar con dos puntos de inyección
- La inyección se debe realizar con un sistema de cámara caliente
- La presión de inyección debe ser ligeramente inferior a 100 MPa. Los datos obtenidos arrojan unos valores de en torno a 66 MPa. En la realidad se



aumentaría el valor de esa presión con objeto de reducir las deformaciones y aumentar la compactación.

- La sección de los canales, bebederos y entradas a la cavidad debe ser suficiente para que la presión de inyección no se eleve en demasía.
- A menor presión de inyección menor será la fuerza de cierre necesaria.
- La temperatura del refrigerante debe ser de 15°C. No debe ser muy inferior porque el contraste entre temperaturas en el molde podría dañar al molde si fuera defectuoso. No se recomienda trabajar a temperaturas menores.
- Se recomienda atemperar el molde a unos 50°C para facilitar el flujo del material por la cavidad.
- Se recomienda introducir el material fundido a una temperatura comprendida entre 220°C y 240°C para favorecer el flujo de material por la cavidad.

Tras llegar a estas conclusiones se comparan con los estudios de llenado realizados por los moldistas a este modelo de cajón. Se recibió un análisis por parte de ellos a fecha 4/04/2016 que no se tuvo en cuenta para la realización de los análisis realizados por el autor de este documento. Al compararlos se observa que los resultados no son tan dispares a pesar de la mayor capacidad del software del moldista y la mayor experiencia en realizar estudios de este tipo que tiene el moldista en comparación con el alumno que realiza estos análisis. De este modo, estas son las similitudes y diferencias entre ambos estudios (no se muestra el análisis recibido por el moldista, se carece de permiso para ello):

	TFG	Moldista
<b>Materia prima</b>	PP31S4A	PP Hostacom HBC 489 W92607
<b>Tª materia prima</b>	240°C	250°C
<b>Tª molde</b>	50°C	30°C
<b>Tiempo de llenado</b>	2,157"	6,27"
<b>Tiempo de molde abierto</b>	5"	5"
<b>Tiempo de refrigeración</b>	23"	13,3"
<b>Tiempo de ciclo</b>	38"	36,57"
<b>Presión máxima</b>	66,3 Mpa	70 Mpa
<b>Contracción</b>	11,25%	15,30%
<b>Desplazamiento máximo</b>	7,3 mm	4,08 mm

Tabla 20

Lo primero que se observa es que el moldista sí utiliza el material verdadero (con todas sus características) para realizar el estudio. La diferencia entre ambos puede ser pequeña o abismal, ya que el material que se utiliza tiene un 30% de talco, por lo que la temperatura y su fluidez son distintas.

En cuanto a las temperaturas de molde y de fundido, se observan pequeñas diferencias entre ambos modelos. El moldista ha incrementado ligeramente la temperatura del fundido respecto al estudio aquí reflejado, mientras que la temperatura del molde es inferior a la utilizada en este trabajo. A pesar de ello, se puede decir que son bastante similares.



Sobre el tiempo de llenado sí que se encuentra una mayor diferencia, siendo casi tres veces mayor el tiempo que el moldista supone para el llenado que el planeado en la empresa Plásticos Brello. Esto se debe seguramente a que el moldista realiza el llenado con una velocidad de tornillo de inyección inferior, lo que aumenta el tiempo de compactación, reduciendo la deformación final. A pesar de conllevar una mejora, dado que el tiempo de ciclo es limitado, se pierde tiempo de refrigeración, lo que supone una pérdida. A pesar de ello, el diseño de los circuitos de refrigeración observado en los análisis de moldista es mucho más profundo y desarrollado que el de este análisis, convirtiendo la pérdida en tiempo de refrigeración en un mero dato, ya que la calidad de la refrigeración es mucho mayor.

Se observa que los tiempos de ciclo son semejantes, con una diferencia menor a 2" entre ambos.

La presión máxima utilizada para la inyección también es semejante, siendo la del análisis propio 66.3 MPa y la del moldista 70 MPa. Su razón es el uso de una máquina no superior a 1000 Tn, y dado que ambos diseños utilizan dos cavidades, el resultado debería ser similar, como ha resultado.

A pesar de la mejor refrigeración del moldista, la contracción ha aumentado. Este hecho quizás se debe a las características del material utilizado para el estudio, e incluso las pequeñas variaciones de temperatura halladas entre ambos estudios.

Finalmente se puede observar que la deformación máxima (en la zona más crítica del cajón, donde se clipa el frontal) se ve reducida en un 44%, hecho que viene dado por la mejor refrigeración, mejor ajuste de temperaturas y la exacta utilización de la materia prima, sin considerar la gran experiencia que tendrá la persona encargada de haber realizado este estudio en la empresa moldista.

Por todo ello, a pesar de que se observan diferencias entre un estudio experimentado y el realizado por el alumno, se puede decir que se trata de un estudio correcto, el cual tiene una base sólida.





## **12. DISEÑO DE PROCESO PRODUCTIVO**

Se trata de la sexta fase de este proyecto. Realmente es una fase que no se lleva a cabo una vez se ha terminado la quinta fase o incluso las anteriores, sino que se va desarrollando poco a poco, como en un segundo plano. El encargado de esta fase es el departamento de ingeniería y en particular el autor de este documento junto con el apoyo del departamento de calidad y producción. Los recursos económicos empleados en este apartado pueden ser incluso superiores al valor de uno de los moldes, en caso de que se justifique su uso. Para la aceptación del diseño productivo se necesita la aprobación del resto de departamentos de la empresa: logística, calidad, producción, mantenimiento, compras y administración. La cantidad de tiempo empleado en esta labor depende totalmente de la magnitud del proyecto y de la lejanía o cercanía de la fecha de producción necesaria. A mayor magnitud mayor tiempo empleado y a mayor cercanía de fecha de producción menor tiempo disponible para ello, por lo que siempre se debe conseguir una solución de compromiso. En el caso del proyecto que compone este TFG, el tiempo empleado estimado se encuentra entre 4-5 meses.

Dadas las magnitudes del proyecto que entrará a producción a mediados o finales de verano, el diseño del proceso productivo es uno de los puntos críticos que marcaran el devenir de proyecto. Éste se compondrá por el diseño del nuevo Lay-out de planta, el diseño de los nuevos puestos de montaje y el diseño del sistema logístico que será necesario para poder gestionar el gran volumen producido.

El hecho de que el movimiento de máquinas tenga que ser muy anterior al inicio del proyecto para evitar que se solapen etapas, hizo que se empezará a trabajar en layout de planta nada más iniciar la práctica.

El problema logístico que conlleva la producción también se enfocó rápidamente ya que dependiendo de la opción escogida el tiempo podría ser reducido.

Por lo tanto, la labor llevada a cabo en este punto será:

- Diseño del nuevo Lay-out de planta
- Diseño del puesto de montaje
- Diseño del sistema logístico
- Diseño del nuevo Lay-out de almacén para proyecto

### **12.1. Diseño del nuevo Lay-out de planta**

#### **12.1.1 Máquinas**

Nada más llegar a la empresa, en la primera semana (semana 7), se planteó la necesidad de diseñar el nuevo lay out de planta y almacén. Se empezó a trabajar en ello sobre la base actual, con las siguientes directrices:

- Se deben colocar contiguamente las máquinas nº: 19,20,12 y 13



- Cada máquina de 1000Tn deberá ir junto a una 800 Tn
- Intentar optimizar el espacio utilizado
- Posibilidad de dejar pasillo central
- Posibilidad de arreglar averías (colocación de máquina)
- Ubicación de los moldes
- Suministros (agua, luz) necesarios

La base sobre la que se trabajó fue la disposición que se muestra en el apartado Anexos-Planos, Layout 2015.

Analizando la disposición de aquel momento se llevaron a cabo varios bocetos sobre la nueva disposición, los cuales se desarrollaron en torno a 3 semanas, valorando los pros y los contras de cada opción. Se partió de que la ubicación de las máquinas de 1000 Tn quedaría tal y como estaban en su momento, realizando el movimiento solamente de las máquinas de 800 Tn.

La idea de trabajo que se quiere llevar a cabo fijada en el Placement de fecha 24/02/2016 es la siguiente:

- Se inyectarán los cajones y los frontales en máquinas las cuales se situaran cercanas una de la otra, con el objetivo de reducir los tiempos. Dado que en cada inyectada se producirán dos piezas de cada, y que el ciclo de inyección dura 40 segundos, se debe tener una pareja cada 20 segundos. En esos 20 segundos el operario deberá montar ambas piezas y en caso de necesitar embellecedor montarlo también. En el caso de los frontales, puede que necesiten serigrafía, por lo que habría que ubicar un puesto de serigrafiado intermedio.

Así, se valoraron 8 distintas opciones para la colocación de las máquinas de 800 Tn, de las cuales se realizaron los planos que se muestran al final de este documento:

- Lay out 1
- Lay out 2
- Lay out 3
- Lay out 4
- Lay out 5
- Lay out 6
- Lay out 7
- Lay out 8

El 16/03/2016 se llevó a cabo una reunión entre el director de la empresa, el comercial y el departamento de ingeniería, en el que el autor de este trabajo expuso las distintas propuestas, analizando los pros y contras de cada una. Tras analizar las diferentes opciones se escogen dos opciones como preferentes, que son la 1 y la 8.

Los argumentos dados para ello son:



- En caso de necesitar un pasillo central por esa zona, se podría habilitar (en el caso del Layout 8 se modificaría ligeramente la posición de las máquinas).
- Presentan la disposición más “limpia”
- Su disposición es más acorde al resto de la planta
- La disposición corresponde con la idea de la futura disposición de todas las máquinas

Las otras opciones tenían otras características comunes:

- Realización de una célula para el proyecto
- Corte del pasillo
- Diseño más compacto

En los días siguientes se deshecha la opción nº 8 dado que no deja completamente un paso sencillo entre máquinas y porque teniendo en cuenta el puesto de serigrafía que habría en el futuro no habría espacio para el mismo. De esta manera, se escoge la opción nº 1 como la disposición futura para el proyecto BSH 2016, no sin alguna modificación.

Se puede observar en dicho plano que la máquina nº 12 sobresale de la columna más cercana, en torno a 2 m, lo que estrecha el pasillo transversal a la máquina. Para remediar esto y tras revisar en planta varias veces las posibilidades que había, se decide mover la máquina nº 19 1500 mm hacia la izquierda (vista en plano) para poder reducir el estorbo que produciría la máquina nº 12.

Otro análisis que se realiza se trata sobre el caso de avería o rotura de una de las máquinas. En caso de rotura de una de las columnas, esta disposición dificultaría su extracción. Se analizan las máquinas y se observa que 3 de las 4 columnas que posee la máquina nº 19 se podrían extraer sin problema aparente, pero una requeriría mover la máquina contigua. Para evitar esto, se desfasa la posición de la máquina nº 12 respecto de la nº 19. De hecho, las máquinas nº 13 y nº 20 se situarán de esta manera para evitar tapar el foso.

Tras llevar al plano todas las modificaciones, se definió el plano final. De la misma manera, se llevó a cabo una recreación 3D en SolidWorks para obtener una imagen más real de la distribución del espacio.

Para tener la seguridad que el movimiento de las máquinas se puede llevar a cabo sin problema e ir anticipando posibles problemas futuros, se mantiene una reunión en planta el 20/04/2016 con un gruista externo.

Se le plantea la idea de mover la máquina nº 19 1500mm intentando en la medida de lo posible no desmontar la unidad inyectora del grupo de cierre. Se busca en el libro técnico de la máquina el peso de cada una de las partes. La unidad inyectora pesa 12.000 kg y el grupo de cierre 35.000 kg. Dado que el puente grúa tiene una capacidad de 10 Tn, éste podría levantar la unidad inyectora con la ayuda de unos gatos hidráulicos y mediante una grúa de 70 Tn levantar el grupo de cierre, hasta apoyar cada

una de las partes en unas tanquetas, que posibilitan trasladar todo el conjunto sin necesidad de desmontarlo.

Para las máquinas 12 y 13 el procedimiento será similar, a pesar de que la máquina nº 13 exige una operación más complicada, ya que hay que rebasar dos fosos. Para ello se empleará un puente grúa y una grúa de 70 Tn. Se estima que todo el proceso de acondicionamiento de máquinas al nuevo lugar podría tardar unos 4 días laborables.

Tras ver que el proceso se puede llevar a cabo, se le pide al gruista que cotice la operación, para más adelante fijar las posiciones exactas de las máquinas. Esta colocación deberá de satisfacer las necesidades de producción como las de mantenimiento de las máquinas, ya sea para mantenimientos periódicos como para el caso de roturas. Por ello, a continuación se detalla la ubicación y orientación de las máquinas de forma aproximada, que se detallará en plano más adelante en el apartado Anexos.

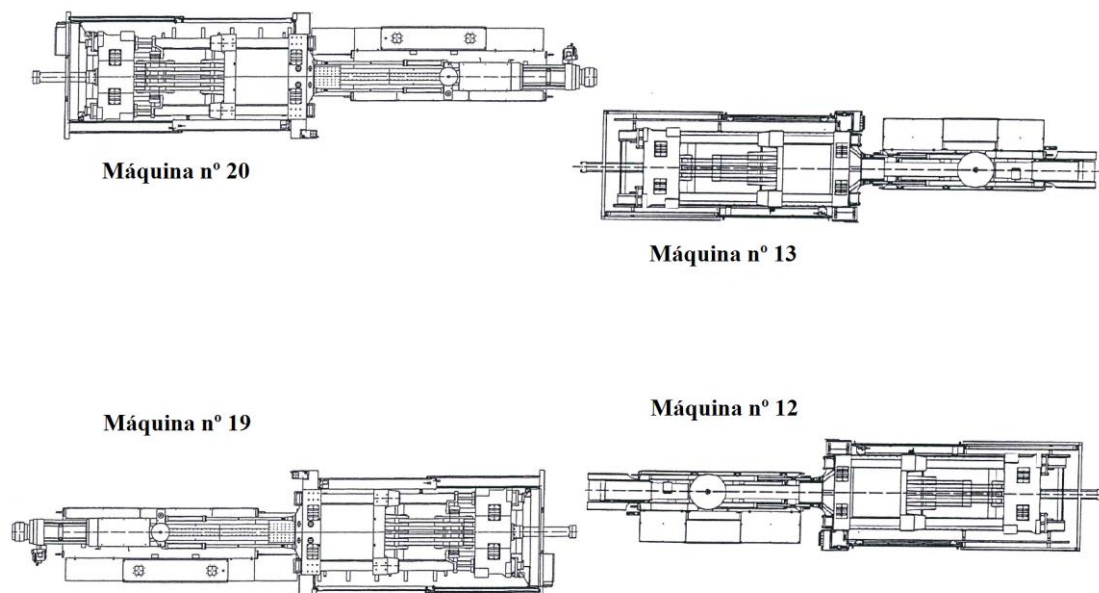


Figura 109

Como se puede analizar en la imagen anterior, las máquinas tienen un desfase una respecto de la contigua. Esto se debe a que en caso de rotura de una columna (como sucedió a fecha 13/03/2016 en la máquina nº 13) tiene que haber posibilidad de extraerla. En el caso de la máquina nº 19, las dos de la parte superior de la imagen pueden ser retiradas hacia la izquierda, y las dos inferiores hacia la derecha. En el caso de la máquina nº 12, al tener un pasillo hacia su derecha, permite libremente la extracción de las columnas. En el caso de la máquina sucede lo mismo que en la anterior, ya que existe un pasillo hacia su izquierda. Finalmente, en el caso de la máquina nº 13, la extracción de las columnas se podrá realizar hacia la izquierda de la imagen. Con esta colocación de las máquinas se asegura la reparación en caso de avería en cualquier caso.



### 12.1.2 Servicios

A parte de la situación de las máquinas hay que asegurar el suministro de luz, agua y materia prima. Para ello se analiza la ubicación de los fosos y del suministro eléctrico central.

En el caso de la máquina nº 13 los servicios de agua y electricidad se encuentran prácticamente in situ. La máquina nº 12 tiene un foso detrás de la pared que tiene tras de sí, por el cual se hallan una serie de salidas de agua y aire utilizadas para una máquina que estaba en esa ubicación anteriormente. Por lo tanto, habrá que consultar con un técnico para validar dichas conexiones. En el caso de la electricidad, dado que se ubica a una cierta distancia del centro de control, se utilizará la parrilla para alimentar la máquina nº 19 como vía para el cableado.

Se espera que al quitar la máquina nº 17 del lugar la bomba que suministra de material a dicha zona sea capaz de alimentar las cuatro máquinas que la compondrán, sin necesidad de sobredimensionar la instalación. En el plano anexo de 2015 se detalla cómo se lleva a cabo el suministro de material. A pesar de ello, se contempla la posibilidad de incorporar una bomba de vacío auxiliar para momentos puntuales e incluso roturas o averías.

### 12.2. Diseño del sistema logístico

Para poder sacar adelante el proyecto hay que tener en cuenta el gran volumen que va a generar este proyecto para la empresa. Se prevé tener un consumo diario de unas 5000 piezas terminadas (una media de tres camiones diarios, cada uno transportando 52 tarpacks con 30 piezas cada uno). Se ha negociado un tiempo ciclo para cada inyectada (dos piezas) de 40", por lo que cada 20" se tiene una pieza completa (conjunto montado formado por un frontal y una base).

Teniendo en cuenta que el embalaje va a ser una caja de cartón sobre un palé, el cual el conjunto tendrá unas medidas 1200mm x 1000mm x 1200mm (Ancho x Largo x Alto) y que en cada palé se tendrán que meter 30 unidades, se calcula que se tendrá un palé lleno cada 10 min en cada pareja de máquinas.

Resumiendo, para tener una idea más clara sobre la logística, ***se deberá mover un palé cada 5 minutos.***

Para solucionar el problema del transporte interno de los palés, cabría más de una posibilidad, las cuales se exponen a continuación.

La más sencilla se trata de disponer de un carretillero solamente para ese puesto, el cual debería suministrar de contenedores vacíos a las líneas, extraer los contenedores llenos y almacenarlos. El coste de esta solución se alargaría por un periodo de tiempo de 7 años, al igual que el proyecto, lo cual sumaría una gran cantidad de dinero teniendo en cuenta únicamente el sueldo. Teniendo un sueldo anual bruto de unos 14.000 €, y necesitando un carretillero por turno más, el importe total de esta solución ascendería a 294.000 €.



Otra posibilidad es la del uso de rodillos que suministren y retiren los contenedores automáticamente. Esta opción supondría un menor coste inicial en comparación con la opción de un carretillero extra, pero supone un problema futuro: Cuando llega un molde de grandes dimensiones a la planta, se entra con un camión a la planta hasta la zona donde pueda transportarse mediante el puente grúa. Debido a la disposición de los puentes grúa, esa es la única manera de recepcionar los moldes de gran tamaño y peso. Los moldes más pequeños se llegan a transportar con carretillas sobre palés. En el caso de escoger esta opción, el sistema de rodillos debería ser desmontable, para poder llevar a cabo el paso de camiones. El mayor inconveniente de este sistema es la cantidad de espacio utilizado

La tercera posibilidad es el uso de una especie de vagones, los cuales están implementados en otras factorías como BSH Esquiroz casualmente. Se trata de unos soportes equipados con ruedas y enganches entre sí, que permiten transportarlos en grupos. Con este sistema la reposición y extracción de contenedores no tendría que llevarse a cabo cada 10 minutos por máquina, sino que se podría agrupar en lotes de 4 o 5, por lo que se extendería el tiempo hasta 40 o 50 minutos. La clave de esta solución radica en la cantidad de vagones que serían necesarios, ya que para optimizar el proceso lo idóneo sería que al descargar el camión que llega con contenedores vacíos, éstos sean depositados directamente en vagones, para no tener que hacer un trasvase. También habría que estudiar la fuerza remolcadora de este sistema. Puede que un operario sea capaz utilizando una transpaleta eléctrica de remolcarlos hasta el almacén, o bien sea un elemento tractor (al estilo de una carretilla) o incluso un vehículo automático/AGV (Automatic Guided Vehicle).

Tras varias reuniones celebradas para cerrar este asunto, se decidió apostar por un **sistema de vagones en grupos de cuatro unidades**, remolcados por una transpaleta eléctrica. Las razones de su elección fueron las siguientes:

- Coste reducido de implantación: en torno a 30.000 €
- Flexibilidad del proceso
- Sistema existente en planta

Tras analizar varios procesos productivos llevados a cabo en planta, se observó cómo en la producción del Water Deflector se utilizan unos carros para facilitar el movimiento del container por los operarios, ya que tiene un peso en vacío de 230 kg. Estos carros son los mismos descritos anteriormente: se trata de una estructura de tubo de acero de sección rectangular con una serie de refuerzos y cuatro ruedas. Apoyado el container sobre este carro, el operario mueve fácilmente el conjunto. Por lo tanto, podría llevarse a cabo la implantación del sistema para el proyecto BSH 2016. Su movimiento en grupos de 4 no se llevará a cabo con fuerza humana sino que se utilizará una transpaleta eléctrica como la de la siguiente imagen:



Figura 110

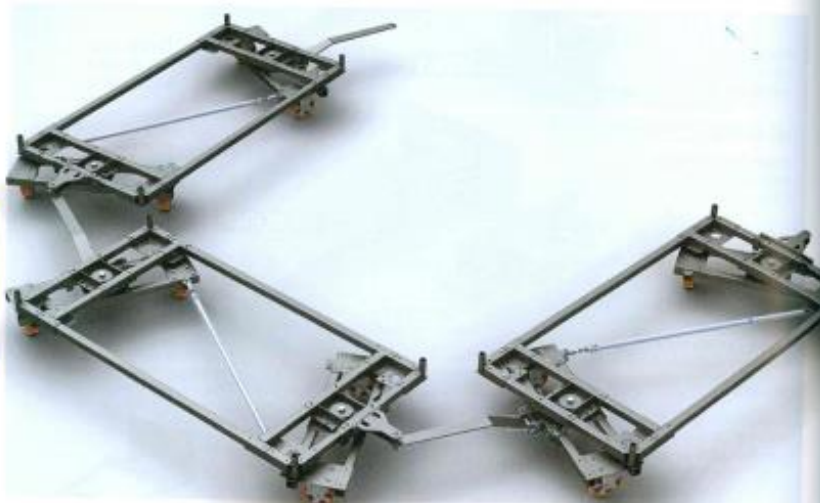
De esta manera ya sea el operario o el carretillero podrán transportar los trenes compuestos de 4 carros sin esfuerzo físico.

Se consultó el catálogo de un proveedor de Plásticos Brello y se escogió el siguiente sistema de carros modulares:

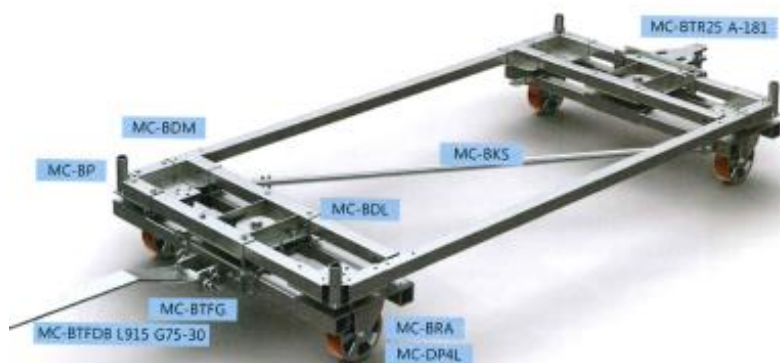
## Travesía pivotante MC

Para mejorar el manejo de convoyes de varios remolques, hemos desarrollado una conducción giratoria con la que se pueden construir remolques que siguen muy fielmente el recorrido. La construcción se basa en un bastidor realiz-

ado con tubos cuadrados estables. Como es habitual, las estructuras pueden realizarse con el sistema de montaje de tubos por G.S. ACE.



Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas



Ruedas para cargas pesadas  
véase la página 80

Las instrucciones de montaje y  
las normas de construcción se  
entregan al realizar el pedido

## Componentes

### MC-BDM



cincado

Pieza de unión en forma de T

Fijación con:  
• BS-MD

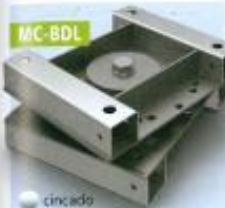
### MC-DP4L



cincado

Placa espaciadora  
para ruedas AP...  
140 x 98 mm,  
Grosor 4 mm

### MC-BDL



cincado

Soporte travesía  
pivotante

Fijación con:  
• 4x BS-V45

### MC-BRA



cincado

Soporte rueda dirección

Fijación con:  
• 2x BS-V45

### MC-BKS



cincado

Barra de acoplamiento  
para soporte de travesía  
pivotante, incl. material  
de fijación. Indicar en el  
pedido la longitud neces-  
aria.

### MC-AP



cincado

Placa adaptadora del kit  
de montaje, incl. material  
de fijación

## Lanzas de tiro y enganches

### MC-BTR25 A-181

Enganche  
bulón Ø 25 mm

Fijación con:  
• BS-KD

### MC-BTFG



### MC-BTR25 A-181

cincado

MC-BTFG  
Soporte lanza de tiro  
Fijación con BS-KD

### MC-BTFDB...

	Longitud del remolque
MC-BTFDB0810	0,8 - 1 m
MC-BTFDB1214	1,2 - 1,4 m
MC-BTFDB1618	1,6 - 1,8 m
Orificio chapa de lanza de tiro Ø 30 mm	



## Lanzas de tiro y enganches

MC-BTR16  
Enganche  
bulón Ø 16 mm

Fijación con:  
• BS-V45



MC-BT20  
Lanza de tiro con resorte  
Orificio Ø 20 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200

MC-BTRV16  
Enganche  
bulón Ø 16 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200



MC-BT20  
Lanza de tiro con resorte  
Orificio Ø 20 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200

MC-BTRF16  
Enganche  
bulón Ø 16 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200



MC-BTE20  
Lanza de tiro  
Orificio Ø 20 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200

MC-BTR25  
Enganche  
bulón Ø 25 mm

Fijación con:  
• 2x BS-AK45



MC-BTF30  
Lanza de tiro con resorte  
Orificio Ø 30 mm

Fijación con:  
• 2x BS-AK45

MC-BTD25  
Enganche unido a la lanza  
de tiro

MC-BTF30 para BEEasy4  
Bulón: 25 mm  
Fijación con:  
• 2x BS-AK45

MC-BTRV25  
Enganche  
bulón Ø 25 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200



MC-BT30  
Lanza de tiro con resorte  
Orificio Ø 30 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200

MC-BTRA25  
Enganche automático  
bulón Ø 25 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200



Lanza de tiro, bloqueo  
en posición vertical medi-  
ante elemento de presión  
por muelle, tope ajustable  
hacia abajo  
orificio Ø 30 mm

Fijación con:  
• 2x BS-V45 o  
• BSW-CM200

MC-BTRA20  
Enganche  
bulón Ø 20 mm  
con liberación de pata

Fijación con:  
• BS-AK45 (115477)



MC-BTFA35  
Lanza de tiro con resorte  
Pasador del enganche  
máx. Ø 35 mm

Fijación con:  
• BS-AD45 (115476)



Otras lanzas de tiro y enganches para requisitos especiales, bajo demanda.

## Kits de fijación

KIT	Componentes individuales (véanse las páginas 55 y 89)
BS-AK45	2x SA1075, 4x US10, 2x MS10 (kit de fijación para enganche MC-BTRA20)
BS-AD45	2x SA1065, 4x US10, 2x MS10 (kit de fijación para lanza de tiro MC-BTFA35)
BS-V45	2x SA0870, 4x US08, 2x MS08
BSW-CM200	4x CM-200, 4x SA0850, 4x US08, 4x USG08, 4x MS08
BS-MC-BP	4x SA0865, 4x US08, 4x MS08, 1x SB4822
BS-MC-BPI	3x SA0865, 4x US08, 3x MS08, 1x SB4822
BSR-MC125 <sup>1</sup>	4x SA0825, 4x US08, 4x USG08, 4x MS08
BSR-MC160 <sup>1</sup>	4x SA1025, 8x US10, 4x MS10
BS-MD	3x SA0865, 4x US08, 3x MS08
BS-MR	1x SA0865, 2x US08, 1x MS08
BS-KD	4x SA1020, 4x SSV10
<sup>1</sup> Si se utilizan placas espaciadoras de 4 mm, se necesitará un kit de fijación adicional:	
BSR-MC125-04	4x SA0830, 4x US08, 4x USG08, 4x MS08
BSR-MC160-04	4x SA1030, 8x US10, 4x MS10



Como se puede observar se trata de un sistema de montaje de carros donde se puede realizar un diseño personalizado dependiendo de los requerimientos que se tengan.

Dadas las necesidades que se tienen, se escogerán los siguientes componentes para el diseño del carro:

Diseño carro		
Componente	Descripción	Unidades
MC-BEH	Pieza de esquina para soporte de palés	4
MC-BPFM	Soporte para carretilla elevadora (180 x 80)	2
MC-BRG	Fijación de las ruedas	4
MC-BTF30	Lanza de tiro con resorte	1
MC-BTD25	Enganche unido a la lanza de tiro	1
MC-B4545	Tubo cuadrado (45x45x3) Long. 6000 mm	1
	Ruedas giratorias con freno	
	Fijaciones	

Tabla 1

Dada la magnitud de la inversión, a pesar de ser a priori la más reducida, no se adquirirán los componentes para realizar todos los carros sino que se hará una prueba con unos pocos, y en caso de que todo saliese bien, se adquiriría el resto de componentes.

Tras conversar con el proveedor y preguntarle acerca de la idea de los carros, se quedó a la espera de recibir una oferta por los mismos.

A fecha 03/05/2016 se recibió la siguiente oferta:

Los precios son los siguientes:

PRECIO MATERIAL	181,43 €
PRECIO MATERIAL + PREPARACION EN KIT	209,93 €
PRECIO MATERIAL + MONTAJE	241,63 €

Estructura en tubo gris y bridas negras.  
4 Ruedas Ø100mm; 2 fijas y 2 giratorias c/freno.  
Tablero en TRIPLEX color gris.  
Lanza y gancho.

En contra de lo que se había pensado, que constaba de montaje a cargo de Plásticos Brello, dada la diferencia de 60 € entre un carro en piezas y un carro montado, se escoge la opción de recibir los carros incluyendo montaje. Puede que el precio final de cada carro o vagón sea algo superior, ya que seguramente haya que sobredimensionar la estructura del carro para asegurar que no habrá roturas durante su uso. A pesar de ello, se estima un coste máximo de 20.000€ para el conjunto de carros.

### 12.3. Diseño del nuevo Lay-out de almacén para proyecto

El cliente de este proyecto ya trabaja junto con Plásticos Brello en la producción de cajones y frontales para frigorífico, y dado su volumen, tiene asignado un almacén para sus productos. Debido al aumento de producción que generará, es necesario conocer si el almacén actual dará cabida a la nueva necesidad.

Para ello se llevó a cabo un estudio de capacidad del almacén. Hay que tener en cuenta que no todos los contenedores son de la misma referencia, por lo que a la hora de cubicar la cantidad de contenedores que entrarían en el mismo, el resultado no será real, sino que podrá dar una idea de la cantidad de contenedores almacenados.

Para poder tener una idea más cercana a la realidad de la necesidad de almacén, se realizó la siguiente suposición:

- Habiendo recibido la siguiente planificación desde el cliente:

BSH Code	Drawing	Assy - Part	DESCRIPTION	Entry	Value	Added Value	Premium	60 cm	70 cm	Cantidad anual FRFE	Cantidad / aparato
9000985111	57000001089253	Assy	Crisper complete Entry 600 Printed BO	x				x		27.000	1
9000985113	57000001089253	Assy	Crisper complete Entry 600 Printed RB	x				x		78.000	1
9000999084	57000001093198	Assy	Hydrofresh Light Drawer Complete 600 BO		x			x		64.000	1
9000999085	57000001093198	Assy	Hydrofresh Light Drawer Complete 600 SE		x			x		25.500	1
9000982568	57000001076465	Assy	Hydrofresh Drawer AV Compl. 600 BO			x		x		16.500	1
9000982609	57000001076465	Assy	Hydrofresh Drawer AV Compl. 600 SE			x		x		15.500	1
9000982611	57000001076465	Assy	Hydrofresh Drawer AV Compl. 600 RB			x		x		14.500	1
9001012484	57000001098979	Assy	Freezer drawer Upper/Top Full Open Box Entry 600 BO	x				x		25.000	1
9001012488	57000001098979	Assy	Freezer drawer Upper/Top Full Open Box Entry 600 RB	x				x		77.000	1
9000985142	57000001088823	Assy	Freezer drawer Upper/Top Complete BO 600		x	x	x	x		81.000	1
9000985143	57000001088823	Assy	Freezer drawer Upper/Top Complete SE 600		x	x	x	x		42.000	1
9000985144	57000001088823	Assy	Freezer drawer Upper/Top Complete RB 600		x	x	x	x		65.000	1
9000985146	57000001088824	Assy	Freezer drawer Middle Complete BO 600	x	x	x	x	x		105.000	1
9000985147	57000001088824	Assy	Freezer drawer Middle Complete SE 600	x	x	x	x	x		42.000	1
9000985148	57000001088824	Assy	Freezer drawer Middle Complete RB 600	x	x	x	x	x		150.000	1
9000985149	57000001088825	Assy	Freezer drawer Short/Bottom Complete BO 600	x	x	x	x	x		105.000	1
9000985150	57000001088825	Assy	Freezer drawer Short/Bottom Complete SE 600	x	x	x	x	x		42.000	1
9000985151	57000001088825	Assy	Freezer drawer Short/Bottom Complete RB 600	x	x	x	x	x		150.000	1
8001037180	57000001088825	Assy	Freezer drawer Short/Bottom Complete BO 600	x	x	x	x	x		105.000	1
8001037182	57000001088825	Assy	Freezer drawer Short/Bottom Complete SE 600	x	x	x	x	x		42.000	1
8001037185	57000001088825	Assy	Freezer drawer Short/Bottom Complete RB 600	x	x	x	x	x		150.000	1

Tabla 22

- Se divide cada cantidad anual por referencia entre 46 semanas laborables que tiene el año para obtener el número medio de palés (tarpack con 30 uds) por referencia que se tendrán que enviar cada semana.
- Se obtienen los siguientes datos:
  - Ref 1: 20 palés
  - Ref 2: 60 palés
  - Ref 3: 46 palés
  - Ref 4: 20 palés
  - Ref 5: 12 palés
  - Ref 6: 11 palés



- Ref 7: 10 palés
- Ref 8: 20 palés
- Ref 9: 60 palés
- Ref 10: 60 palés
- Ref 11: 30 palés
- Ref 12: 46 palés
- Ref 13: 80 palés
- Ref 14: 30 palés
- Ref 15: 110 palés
- Ref 16: 80 palés
- Ref 17: 30 palés
- Ref 18: 110 palés
- Ref 19: 80 palés
- Ref 20: 30 palés
- Ref 21: 110 palés

Estos tarpacks se apilan en alturas de 4 palets. Por ello, el espacio ocupado por cada referencia es el resultado anterior dividido por cuatro. Por ello:

- Ref 1: 5 espacios
- Ref 2: 15 espacios
- Ref 3: 12 espacios
- Ref 4: 5 espacios
- Ref 5: 3 espacios
- Ref 6: 3 espacios
- Ref 7: 3 espacios
- Ref 8: 5 espacios
- Ref 9: 15 espacios
- Ref 10: 15 espacios
- Ref 11: 8 espacios
- Ref 12: 12 espacios
- Ref 13: 20 espacios
- Ref 14: 8 espacios
- Ref 15: 28 espacios
- Ref 16: 20 espacios
- Ref 17: 8 espacios
- Ref 18: 28 espacios
- Ref 19: 20 espacios
- Ref 20: 8 espacios
- Ref 21: 28 espacios

Con estos datos, se realizó el siguiente planteamiento sobre el plano (plano correspondiente en el Anexo Planos):

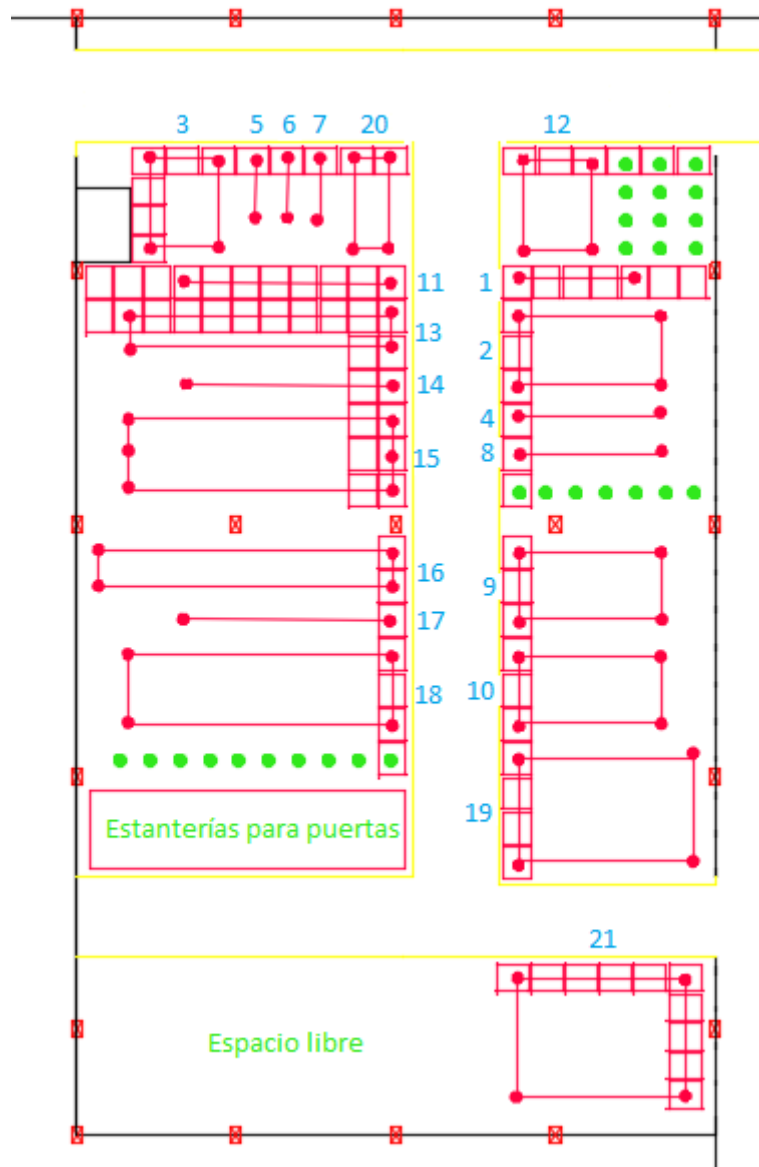


Figura 111

Las líneas y puntos rojos simulan el espacio ocupado por cada referencia (en azul). Los puntos verdes simulan los espacios que quedarían libres. Según esta disposición, se podría tener hasta 5 referencias más, con un volumen total de piezas de 3120. Quedaría espacio también para la máquina de hot-stamping, que se situaría en la zona de espacio libre (ocuparía en torno a la cuarta parte) y también para una estantería donde se guarda el stock de puertas pintadas y serigrafiadas.

De esta manera se comprueba que *se tiene espacio suficiente de almacenamiento para estocar la producción de una semana.*

## 12.4. Diseño del puesto de montaje

Tras decidir la ubicación de las máquinas y la parte logística en base a distintos criterios, se procedió a diseñar el puesto de montaje. Partiendo de la base de que las bases y frontales inyectados deben de montarse a la par, se diseña un puesto de montaje que resulte intuitivo y cómodo para ejercer la labor.

En las siguientes imágenes se muestra el diseño del puesto de montaje para el operario situado en la máquina que inyecta los frontales, los cuales han de ser serigrafiados y el puesto del operario que recibe el frontal y el cajón para realizar su montaje.

### Puesto de trabajo máquina de frontales

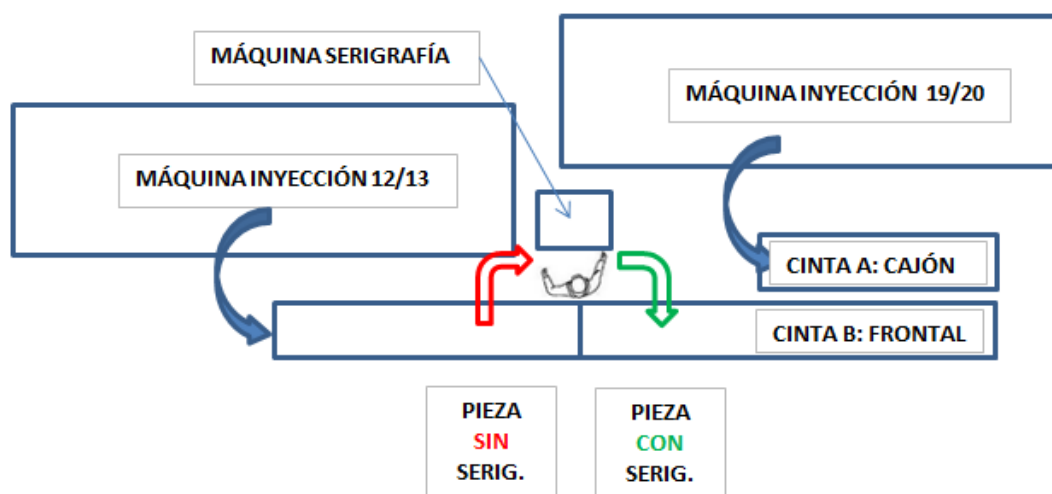


Figura 112

Como se puede observar, la pieza inyectada en las máquinas nº 12 y nº13 se coloca sobre la cinta B. Se inyectarán 2 frontales cada 40 segundos, y será el robot ubicado sobre la máquina el encargado de retirar las piezas del interior de la máquina y depositarlas sobre la cinta. Las piezas avanzarán por la cinta hasta el puesto de serigrafía, donde el operario retirará de la cinta los frontales para colocarlos en la máquina de serigrafía. Una vez grabados se depositarán sobre la cinta de nuevo. Para que no se pase ningún frontal sin su correcto grabado se colocará un límite en la cinta de manera que para pasar de un lado al otro tenga que ser el operario quien lo haga.

Puesto de trabajo de montaje de cajón completo

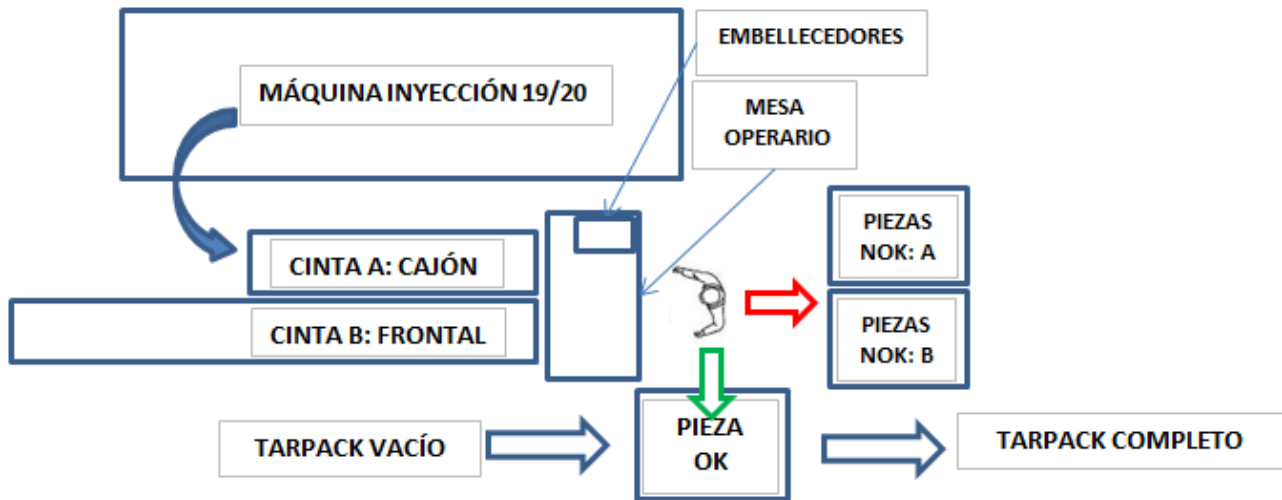


Figura 113

En este puesto de trabajo el operario se encargará de ensamblar la base con el frontal y en caso de necesitarlo el embellecedor. Se colocará frente a las dos cintas: Una por donde viene el frontal serigrafiado y otra por donde vienen los cajones inyectados en las máquinas nº19 y nº20. De encontrarse algún componente con algún defecto se retiraría al contenedor correspondiente de Pieza NOK situado tras él. Una vez que el cajón está montado, se introducirá en el contenedor de Pieza OK hasta alcanzar el número necesario de cajones.







### **13. DOCUMENTOS DE INGENIERÍA**

La realización de la documentación se trata de la siguiente fase, la séptima concretamente, del desarrollo de un proyecto. No está especialmente marcada en cuanto a plazos pero sí que se lleva a cabo una vez que el proyecto está a punto de entrar en la producción en serie o poco antes. Su realización se debe al hecho de tener un histórico de sucesos y acciones de manera que en caso de querer realizar alguna consulta cualquier integrante de la empresa autorizado pueda acceder a ellos. A parte de tener un histórico de las acciones y fases del proyecto, su realización es obligatoria para poseer ciertas certificaciones ISO, por lo que su uso está muy extendido en la mayoría de las empresas de mediano-grande tamaño. Su realización no presenta un coste representativo más allá del tiempo en que el encargado o encargada utilice para ello, pero sus reportes son mucho mayores que el gasto de hacerlos, ya que el poseer una certificación ISO hace que el mercado en el que se puede trabajar sea más extenso y otorga un carácter de confianza hacia el cliente.

Los encargados de realizar la documentación en Plásticos Brello son los departamentos de Ingeniería y Calidad. En las siguientes líneas se mostrará la documentación llevada a cabo por el departamento de Ingeniería. El orden de realización es el siguiente:

Primeramente se lleva a cabo el Flow Chart o Diagrama de Flujo, en el que se representa gráficamente cada una de las operaciones que se llevan a cabo durante el proceso. Se realiza un listado de todas las acciones y se representan mediante símbolos y flechas, como se verá más adelante. Tras eso se cumplimenta el Plan de Control, donde se especifiquen todas las acciones que componen el proceso, detallando: Proceso, producto, técnica de evaluación, periodicidad, método de control y plan de reacción. Una vez cumplimentado el Plan de Control, se rellena el AMFE de proceso, donde se reflejan todos los fallos posibles, sus causas, efectos y severidad. Finalmente se rellena el plan de calidad (QP's Log Book) donde se recogen todos los proyectos existentes. Todos estos documentos y algunos complementarios han sido realizados por el autor de este trabajo junto con el Departamento de Calidad.

#### **13.1. Flow Chart**

Como se ha comentado anteriormente, el diagrama de flujo de proceso refleja gráficamente todos y cada uno de los pasos que se llevan a cabo desde que se recepciona la materia prima hasta que se envía el producto terminado. Como se observa en el siguiente documento, cada acción se relaciona con un símbolo, los cuales son:

- ◆ Fabricación
- Movimiento
- ▲ Almacenamiento
- Inspección

De este modo se contemplan todas las posibles acciones del proceso. En el siguiente documento se detalla el proceso del Proyecto BSH 2016.

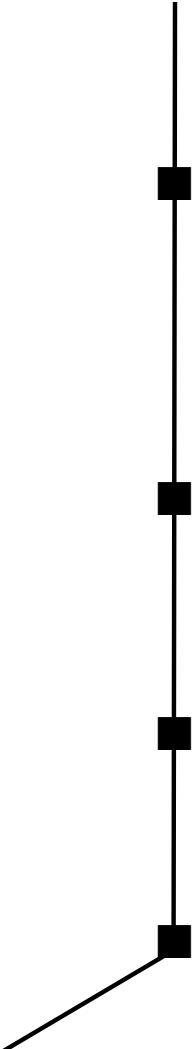


Plásticos Brello s.a.

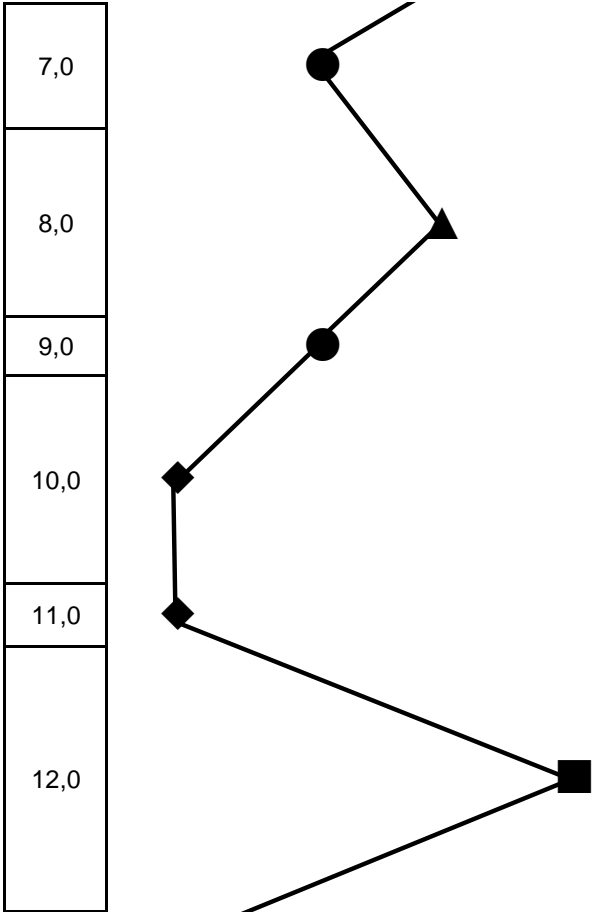
# Process Flow Chart

Project: BSH NF14/16					Date: 13/05/2016			Issue: 001		P.Brello's DUNS No: 461127797		Page 1 of 1	
P.BRELLO's Description: Ver hoja ind-ref					Responsible: Joseba Vizcay					PDF Number: Ver hoja ind-ref			
ECL: Ver hoja ind-ref					Part Name: Conjunto 1,2,3,4,5,6,7								
Part Number: Ver hoja ind-ref					KPC's: F/F=0 S/C=0 S/R=0								
Drawing Number: Ver hoja ind-ref					Reason of Submission: Initial Submission								
Step	Fabrication	Move	Store	Inspection	Operation Description	Frequency/Size	Reference/Process	OK/NOK	First Reaction	OK/NOK	Reaction Plan	Kpc's	Kcc's
	◆	●	▲	■									
1,0					Raw Material: HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	Every shipment	According to COA from supplier and P.Brello's PO	Not OK			Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier	None	None
2,0					Raw Material: Styrolution PS 165 L Bulk from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	Every shipment	According to COT from supplier and P.Brello's PO	Not OK			Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier	None	None

3,0
4,0
5,0
6,0

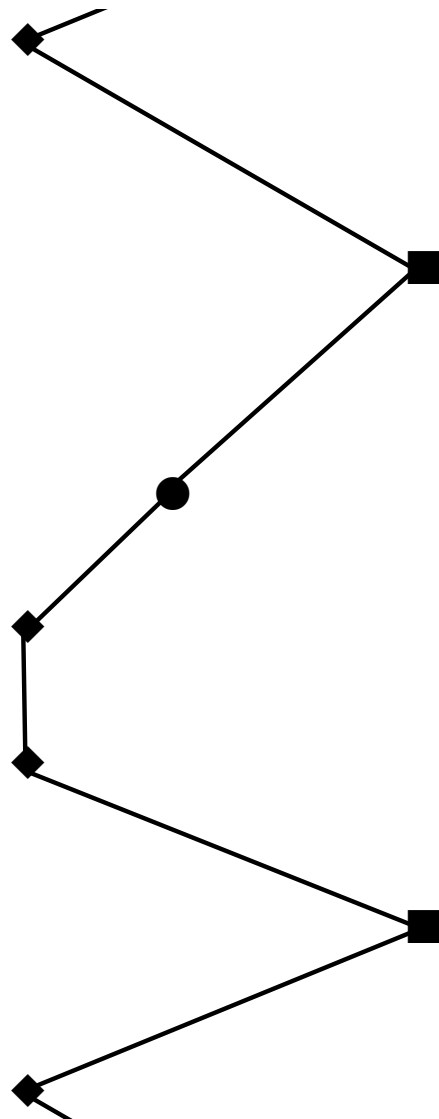


Masterbatch Polybatch KS 43588/3, KS 4981/3, KS 67396/3, GKS 60003/3 from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	→  Every shipment	According to COT from supplier and P.Brello's PO	Not OK	→	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub- supplier	None	None
Ink: VZF 29010 and VZF 07020 from Titan According to COA from supplier and P.Brello's PO	→  Every shipment	Quantity and Visual Control.	Not OK	→	Quarantine. GCMA decision or Back to Sub- supplier	None	None
Handles:Acco rding to PO Without dirt and breaks and length dimension	→  Every shipment	Quantity and Visual Control.	Not OK	→	Quarantine. GCMA decision or Back to Sub- supplier	None	None
Incoming Control packaging	→  Every shipment	Quantity and Visual Control.	Not OK	→	Quarantine. GCMA decision or Back to Sub- supplier	None	None



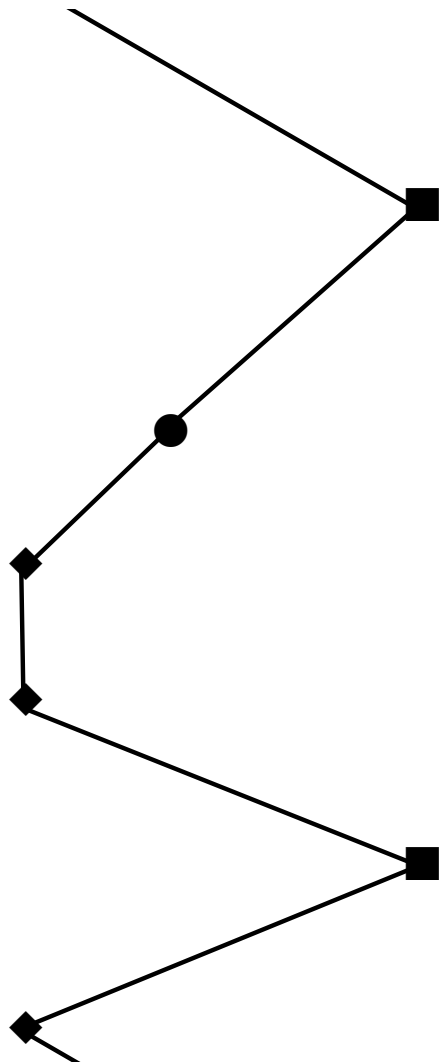
		Move to approved components area						
Storage of Approved Components	Every shipment	FIFO, Indoor storage acc. to Brello's procedures No: PC-ALEX-01/	Not OK		Back to warehouse	None	None	
		Move to production						
Front Injection – Set-Up	2 Shots	Injection Parameters, Material ID, Visual control, Weight	Not OK	Second Set Up	Not OK	Repair & Adjustment	None	None
		Start of production						
Front Injection-Operator Control	100%	Visual Control acc. To Working Instructions No: FABR-11/	Not OK	Repair & Adjustment	Not OK	Scrap. Process stop & Repair until stable performance	None	None

13,0
14,0
15,0
16,0
17,0
18,0
19,0



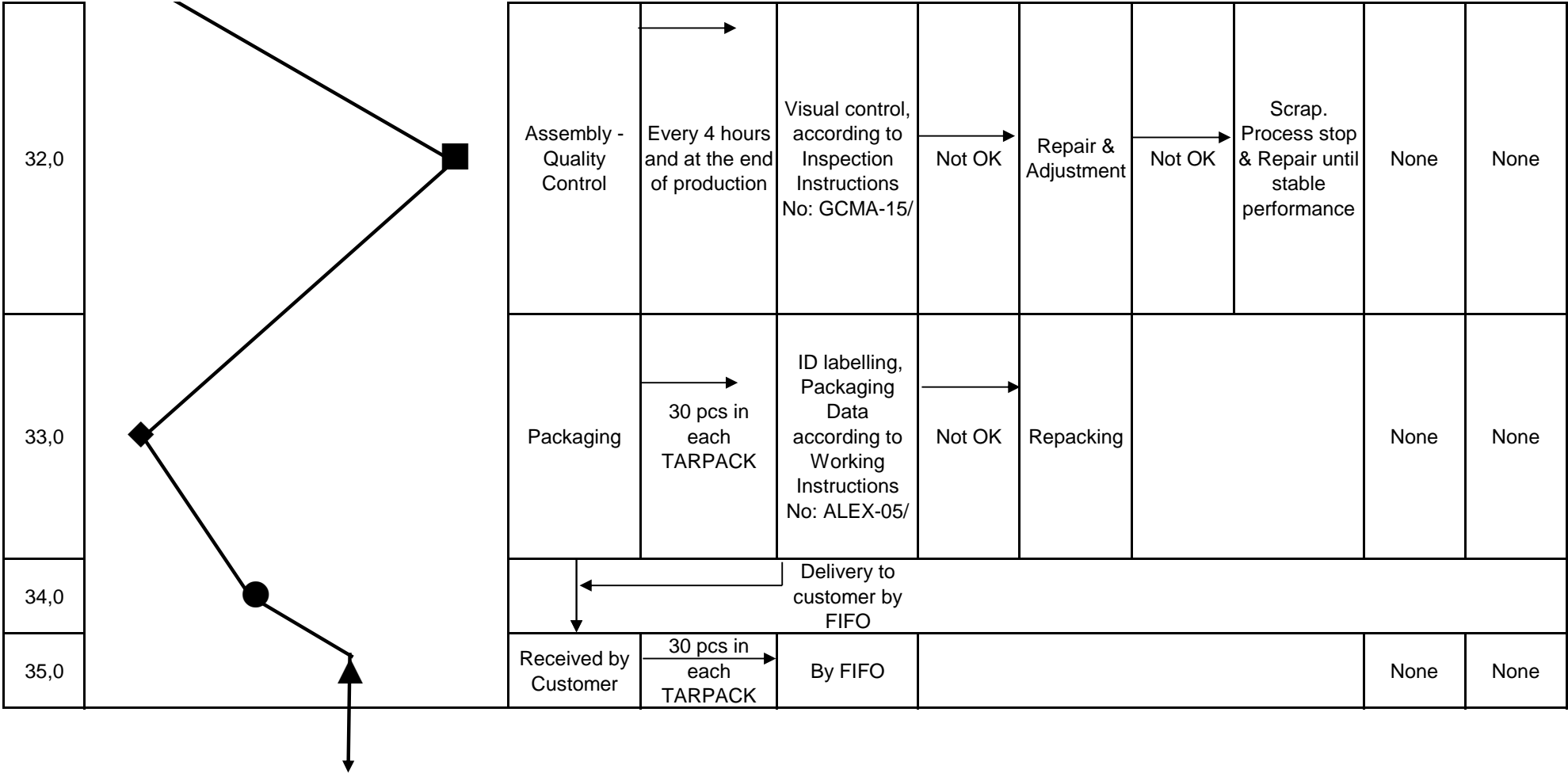
<div> <div>Back to production</div> <div></div> </div>								
Front Injection-Quality Control	Every 4 hours and at the end of production	Injection Parameters, Material ID, Visual control, Weight, according to Inspection Instructions No: GCMA-15/	Not OK	Repair & Adjustment	Not OK	Scrap. Process stop & Repair until stable performance	None	None
<div> <div>Move to production</div> <div></div> </div>								
Front Serigraphy - Set Up	2 Shots	Injection Parameters, Material ID, Visual control, Weight	Not OK	Second Set Up	Not OK	Repair & Adjustment	None	None
<div> <div>Start of production</div> <div></div> </div>								
Front Serigraphy-Operator Control	100%	Visual Control acc. To Working Instructions No: FABR-11/	Not OK	Repair & Adjustment	Not OK	Scrap. Process stop & Repair until stable performance	None	None
<div> <div>Back to production</div> <div></div> </div>								

20,0
21,0
22,0
23,0
24,0
25,0



Front Serigraphy-Quality Control	Every 4 hours and at the end of production	Injection Parameters, Material ID, Visual control, Weight, according to Inspection Instructions No: GCMA-15/	Not OK	Repair & Adjustment	Not OK	Scrap. Process stop & Repair until stable performance	None	None
		Move to production						
Base Injection – Set-Up	2 Shots	Injection Parameters, Material ID, Visual control, Weight	Not OK	Second Set Up	Not OK	Repair & Adjustment	None	None
		Start of production						
Base Injection-Operator Control	100%	Visual Control acc. To Working Instructions No: FABR-11/	Not OK	Repair & Adjustment	Not OK	Scrap. Process stop & Repair until stable performance	None	None
		Back to production						









### **13.2. Plan de Control**

El plan de control es un documento donde se especifican todos y cada uno de los métodos de control en todos y cada uno de los pasos que completan el proceso productivo. Tiene inicio en el recepcionado de la materia prima, donde se controlan que el lote y la cantidad concuerda con el albarán y con el pedido realizado desde el departamento de compras. Contempla también como se lleva a cabo dicho control, siendo lo más habitual el control visual comparando referencias y cantidades.

De esta manera se asegura que no haya errores en la recepción de material, embalaje, material auxiliar. Se añaden controles a realizar por el departamento de expediciones y almacén, departamento de logística, departamento de calidad y los operarios en el puesto de trabajo. En base a este documento se realizan los documentos Resultado Control Volante, los cuales son utilizados por el Inspector de Calidad de la planta para comprobar que las piezas que se están produciendo cumplen con el plan de control.

De la misma manera, en el puesto de trabajo se incluye un documento de Autocontrol, en el que se especifican los posibles defectos que puedan existir en la pieza de manera que el propio operario identifique las piezas NOK y las retire a su debido contenedor.

Con estas premisas, se cumplimentó el siguiente Plan de Control, los controles volante y los correspondientes autocontroles. Se han triplicado los controles volante y los autocontroles puesto que el plan de control realizado es general y válido para los siete conjuntos que se montarán, pero es necesario tener un control volante y un autocontrol por base, frontal y montaje para que el inspector supervise correctamente el proceso.

KPC's=0

KCC's=0

**Control Plan**

Prototype		Pre-launch		X		Production		Key Contact / Phone: 00 34 948 332500		Date (Orig): 25/05/2016		Date (Rev): 25/05/2016		001		
Control Plan Number: 08/16-14/16								Libe González - QA mng								
Part Number/Latest Change Level: Various								Core Team:				Customer Engineering Approval/Date (if Req'd):				
Part Name: Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)								Supplier/Plant Approval/Date:				Customer Quality Approval/Date (if Req'd):				
Supplier/Plant: P.BRELLO,S.A._SPAIN								Supplier Code:				Other Approval/Date (if Req'd): None				
DUNS number: 461127797												Other Approval /Date (if Req'd):				
Part/Process Number	Process Name/Operation Description	Machine, Device, Jig, Tools for Mfg.	Characteristics				Special Char. Class	Methods						Reaction Plan		
			No	Product		Process		Product/Process Specification/Tolerance	Evaluation/ Measurement Technique		Sample		Reference		Control Method	
											Size		Freq.			
1,0	Incoming Control of Raw Material for Base		1	Raw Material Analysis, Identification and Weight in shipment			No Characteristic	Raw Material: HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	Visual control		Every Material Batch		Every Shipment	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier
2,0	Incoming Control of Raw Material for Front		2	Raw Material Analysis, Identification and Weight in shipment			No Characteristic	Raw Material: Styrolution PS 165 L Bulk from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	Visual control		Every Material Batch		Every Shipment	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier
3,0	Incoming Control of Masterbatch		3	Raw Material Analysis, Identification and Weight in shipment			No Characteristic	Masterbatch Polybatch KS 43588/3, KS 4981/3, KS 67396/3, GKS 60003/3 from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	Visual Control		Every Material Batch		Every Shipment	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier
4,0	Incoming Control of Ink		4	Ink Analysis, Identification and Weight in shipment			No Characteristic	Ink: VZF 29010 and VZF 07020 from Titan According to COA from supplier and P.Brello's PO	Visual Control		Every Material Batch		Every Shipment	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier
5,0	Incoming Control of Handle Cover		5	Visual problems, Identification and Weight in shipment			No Characteristic	Handles:According to PO Without dirt and breaks and length dimension	Visual Control		Every Material Batch		Every Shipment	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier
6,0	Incoming Control packaging		6	General Visual Problems and right Quantity in the Shipment			No Characteristic	Incoming Control packaging	Visual Control		Every Material Batch		Every Shipment	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-supplier

8,0	Logistic		7	Raw Material movement		No Characteristic	Raw Material moving in process by FIFO	Raw Material storage and delivered by FIFO		Every Batch		Every Shipment	P.Brello's Procedure PC-ALEX-01/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
10,0	Front Injection - Set Up	According to ERP	8	Reference	Referencia correcta	No Characteristic	Master part and table of reference	Visual control	Control visual	Every Set Up	Cada arrancada	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Change to correct reference
10,1	Front Injection - Set Up	According to ERP	9	Raw Material Identification/	Identificación materia prima	No Characteristic	Raw Material HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH	Visual Control - Identification of supplier's sticker	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Every Batch	Todos los lotes	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
10,2	Front Injection - Set Up	According to ERP	10	Raw Material Identification/	Identificación Master	No Characteristic	Raw Material Masterbatch Polybatch KS 43588/3, KS 4981/3, KS 67396/3, GKS 60003/3 from BSH	Visual Control - Identification of supplier's sticker	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Every Batch	Todos los lotes	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
10,3	Front Injection - Set Up	According to ERP	11			Injection Parameters - stable parameters	Parameters Control	Injection Machine - Data Control		Continuous		Every Set-Up	Parameters Data Sheet	Manual checking with data collect	Second Set-Up
10,4	Front Injection - Set Up	According to ERP	12	Marks and grain	Marcado	No Characteristic	Master part	Visual control	Control visual	Every Set Up	Cada Set Up	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Second Set-Up
12,0	Front Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	13	General Visual Problems	Problemas generales	No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
12,1	Front Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	14	Flashes at parting line	Rebabas linea de cierre	No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
12,2	Front Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	15	Flashes at handle area	Rebabas en el area del asa	No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
12,3	Front Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	16	Black points y dirties	Escasa en pivotes	No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
14,0	Front Injection - Quality Control		17	General Visual Problems	Problemas generales	No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision

14,1	Front Injection - Quality Control		18	Flashes at parting line	Rebabas linea de cierre		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,2	Front Injection - Quality Control		19	Flashes at handle area	Rebabas en el area del asa		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,3	Front Injection - Quality Control		20	Black points y dirties	Escasa en pivotes		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,4	Front Injection - Quality Control		21	Holes in Hydrofresh AV	Agujero		No Characteristic	15 ± 0,3 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,5	Front Injection - Quality Control		22	Holes in Hydrofresh Value	Agujero		No Characteristic	15 ± 0,3 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,6	Front Injection - Quality Control		23	Holes in Crisper	Agujero		No Characteristic	15 ± 0,3 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,7	Front Injection - Quality Control		24	Holes Freezer Drawer	Agujero		No Characteristic	15 ± 0,3 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,8	Front Injection - Quality Control		25	Part Weight Hydrofresh AV	Peso Pieza Hydrofresh AV		No Characteristic	560 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,9	Front Injection - Quality Control		26	Part Weight Hydrofresh Value	Peso Pieza Hydrofresh Value		No Characteristic	620 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision

14,10	Front Injection - Quality Control		27	Part Weight Crisper	Peso Pieza Crisper		No Characteristic	420 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,11	Front Injection - Quality Control		28	Part Weight Freezer Drawer	Peso Pieza Freezer Drawer		No Characteristic	520 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,12	Front Injection - Quality Control		29	Functional test	Test funcional		No Characteristic	Master part	Front	Frontal	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,13	Front Injection - Quality Control		30	Functional test	Test funcional		No Characteristic	Master part	Front	Frontal	2 pcs from each cavity	2 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,14	Front Injection - Quality Control		31	Measurment on Hydrofresh AV	Medida cota SPC en Hydrofresh AV		SPC	208,2 ± 0,4 mm (drawing)	Measurement with gauge or assembling with the base	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,15	Front Injection - Quality Control		32	Measurment on Hydrofresh Value	Medida cota SPC en Hydrofresh Value		SPC	245,4 ± 0,3 mm (drawing)	Measurement with gauge or assembling with the base	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
14,16	Front Injection - Quality Control		33	Measurment on Crisper	Medida cota SPC en Crisper		SPC	142,8 ± 0,2 mm (drawing)	Measurement with gauge or assembling with the base	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
16,0	Serigraphy - Set Up	According to ERP	34	Ink Identification and expiration date	Identificacaci ón tinta		No Characteristic	Ink VZF 29010 and VZF 07020 from Titan	Visual Control - Identification of supplier's sticker	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Every Batch	Todos los lotes	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
16,1	Serigraphy - Set Up	According to ERP	35			Serigraphy device - stable parameters and correct fixtures	No Characteristic	Parameters Control and correct fixtures	Serigraphy device		Continuous		Every Set-Up	Parameters Data Sheet	Manual checking with data collect	Second Set-Up
16,2	Serigraphy - Set Up	According to ERP	36	Correct part number	Referencia correcta		No Characteristic	Master part	Visual control	Control Visual	Each reference	Cada referencia	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Second Set-Up

16,3	Serigraphy - Set Up	According to ERP	37	Ink correct glued	Tinta adherida		No Characteristic	Master part	Isopropyl alcohol	Alcohol isopropilico	Once every day	Una vez al día	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Second Set-Up
18,0	Serigraphy - Operator Control	Serigraphy device according to ERP	38	General Visual Problems	Problemas generales		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR-11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
18,1	Serigraphy - Operator Control	Serigraphy device according to ERP	39	Serigraphy in correct position	Serigrafía en la posición correcta		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR-11/	Manual checking with data collect	Quarantine - GCMA decision
18,2	Serigraphy - Operator Control	Serigraphy device according to ERP	40	Ink dirties	Manchas de tinta		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR-11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
18,3	Serigraphy - Operator Control	Serigraphy device according to ERP	41	Complete Serigraphy	Dibujo completo		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR-11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
20,0	Serigraphy - Quality Control		42	General Visual Problems	Problemas generales		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
20,1	Serigraphy - Quality Control		43	Serigraphy in correct position	Serigrafía en la posición correcta		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
20,2	Serigraphy - Quality Control		44	Ink dirties	Manchas de tinta		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
20,3	Serigraphy - Quality Control		45	Complete Serigraphy	Dibujo completo		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
22,0	Base Injection - Set Up	According to ERP	36	Reference	Referencia correcta		No Characteristic	Master part	Visual control	Control visual	Every Set Up	Cada arrancada	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Change to correct reference

22,1	Base Injection - Set Up	According to ERP	37	Raw Material Identification/	Identificación materia prima		No Characteristic	Raw Material HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH	Visual Control - Identification of supplier's sticker	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Every Batch	Todos los lotes	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
22,2	Base Injection - Set Up	According to ERP	38			Injection Parameters - stable parameters	No Characteristic	Parameters Control	Injection Machine - Data Control		Continuous		Every Set-Up	Parameters Data Sheet	Manual checking with data collect	Second Set-Up
22,3	Base Injection - Set Up	According to ERP	39	Marks	Marcado		No Characteristic	Master part	Visual control	Control visual	Every Set Up	Cada Set Up	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Second Set-Up
24,0	Base Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	40	General Visual Problems	Problemas generales		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
24,1	Base Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	41	Flashes at parting line	Rebabas linea de cierre		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
24,2	Base Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	42	Flashes at handle area	Rebabas en el area del asa		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
24,3	Base Injection - Operator Control	Injection Machine according to ERP	43	Lack of material in inserts	Escasa en pivotes		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
26,0	Base Injection - Quality Control		47	General Visual Problems	Problemas generales		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,1	Base Injection - Quality Control		48	Flashes at parting line	Rebabas linea de cierre		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,2	Base Injection - Quality Control		49	Flashes at handle area	Rebabas en el area del asa		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,3	Base Injection - Quality Control		50	Lack of material in inserts on Lower Freezer	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,4	Base Injection - Quality Control		51	Lack of material in inserts on Middle Freezer	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision

26,5	Base Injection - Quality Control		52	Lack of material in inserts on Upper Freezer	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,6	Base Injection - Quality Control		53	Lack of material in inserts on Hydrofresh Value	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,7	Base Injection - Quality Control		54	Lack of material in inserts on Hydrofresh AV	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,8	Base Injection - Quality Control		55	Lack of material in inserts on Full Open Box	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,9	Base Injection - Quality Control		53	Lack of material in inserts on Crisper	Escasa en pivotes		No Characteristic	12,2 ± 0,2 mm	Caliper	Calibre	1 pcs from each cavity every production day	1 pcs de cada cavidad cada día de producción	Every day of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,10	Base Injection - Quality Control		54	Inserts	Pivotes		No Characteristic	Master part			1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,11	Base Injection - Quality Control		55	Part Weight Lower Freezer	Peso Pieza		No Characteristic	587 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,12	Base Injection - Quality Control		56	Part Weight Middle Freezer	Peso Pieza		No Characteristic	1680 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,13	Base Injection - Quality Control		57	Part Weight Upper Freezer	Peso Pieza		No Characteristic	860 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,14	Base Injection - Quality Control		58	Part Weight Hydrofresh Value	Peso Pieza		No Characteristic	2010 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,15	Base Injection - Quality Control		59	Part Weight Hydrofresh AV	Peso Pieza		No Characteristic	1920 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,16	Base Injection - Quality Control		60	Part Weight Full Open Box	Peso Pieza		No Characteristic	780 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,17	Base Injection - Quality Control		61	Part Weight Crisper	Peso Pieza		No Characteristic	950 ± 20 gr	Digital weighing machine in tenths of gram	Balanza digital	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set- Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA- 15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision



26,18	Base Injection - Quality Control		56	Functional test	Test funcional		No Characteristic				2 pcs from each cavity	2 pcs de cada cavidad	Every Set-Up, every 4 at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,19	Base Injection - Quality Control		57	Measurment on Hydrofresh AV	Medida cota SPC en Hydrofresh AV		SPC	202,2 ± 0,3 mm (drawing)	Measurement with gauge or assembling with the base	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,20	Base Injection - Quality Control		58	Measurment on Hydrofresh Value	Medida cota SPC en Hydrofresh Value		SPC	237 ± 0,3 mm (drawing)	Measurement with gauge or assembling with the base	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
26,21	Base Injection - Quality Control		59	Measurment on Crisper	Medida cota SPC en Crisper		SPC	143,4 ± 0,2 mm (drawing)	Measurement with gauge or assembling with the base	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs from each cavity	1 pcs de cada cavidad	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
28,0	Assembly - Set Up	According to ERP	60	Base Identification	Identificación de la base		No Characteristic	Manufactured in Plasticos Brello	Visual Control	Control visual	Every Set up	Todos los comienzos	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
28,1	Assembly - Set Up	According to ERP	61	Front Identification	Identificación del frontal		No Characteristic	Manufactured in Plasticos Brello	Visual Control	Control visual	Every Set up	Todos los comienzos	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
28,2	Assembly - Set Up	According to ERP	62	Handle cover Identification	Identificación del embellecedor		No Characteristic	Handle Cover from BSH	Visual Control	Control visual	Every Set up	Todos los comienzos	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
28,3	Assembly - Set Up	According to ERP	63	Correct part number	Referencia correcta		No Characteristic	According to the attached table_Tabla adjunta	Visual Control	Control visual	Every Set up	Todos los comienzos	Every Set-Up	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Back to Warehouse
30,0	Assembly - Operator Control		64	General Visual Problems	Problemas generales		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
30,1	Assembly - Operator Control		65	Correct assembly between front and base	Montaje correcto entre la base y el frontal		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
30,2	Assembly - Operator Control		66	Correct assembly between front and handle cover	Montaje correcto entre el frontal y el embellecedor		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
30,3	Assembly - Operator Control		67	Correct place of handle cover	Correcto posicionamiento o del embellecedor		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No: FABR--11/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair - GCMA decision
32,0	Assembly - Quality Control		68	General Visual Problems	Problemas generales		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs	1 pieza	Every Set-Up, every 4 hours and at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision

32,1	Assembly - Quality Control		69	Correct assembly between front and base	Montaje correcto entre la base y el frontal		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs	1 pieza	Every Set-Up, every 4 hours and at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
32,2	Assembly - Quality Control		70	Correct assembly between front and handle cover	Montaje correcto entre el frontal y el embellecedor		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs	1 pieza	Every Set-Up, every 4 hours and at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
32,3	Assembly - Quality Control		71	Correct place of handle cover	Correcto posicionamiento del embellecedor		No Characteristic	Master part	Visual Control	Control Visual	1 pcs	1 pieza	Every Set-Up, every 4 hours and at the end of production	Inspection Instructions No: GCMA-15/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
33,0	Packaging		72	Wrong Packaging Data	Datos de embalaje equivocados		No Characteristic	30 pcs in each TARPack	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No ALEX-05/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
33,1	Packaging		28	Internal Labelling	Etiqueta interna		No Characteristic	ID Label	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No ALEX-05/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
33,2	Packaging		29	Empty tarpack			No Characteristic	30 in each tarpack	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	Working Instructions No ALEX-05/	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
35,0	Logistic		30	Delivery to Customer by FIFO / JIT			No Characteristic	EDI Reports	Visual Control	Control Visual	100%	100%	Continuous	EDI Reports	Manual checking with data collect	Quarantine - Repair & Adjustment - GCMA decision
	Layout Audit		31	Dim report			No Characteristic	Dim report and according to the drawing and the PPAP	CMM machine and caliper	Tridimensional y calibre	3 pcs	1 pcs	PPAP and every 24 months	According to the drawing	Manual checking with data collect	Mold Correction / Injection Parameters adjustment
	Layout Audit		32	Raw Material Analysis			No Characteristic	HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH According to COA from supplier	MF index, density, and ASH	Fluidez, densidad, Vicat, HDT y cenizas	One Batch	Un lote	Every 24 months	Incoming Control Report in the ERP	Manual checking with data collect	Quarantine. GCMA decision or Back to Raw Material Sub-



### **13.3. AMFE**

Un AMFE es un documento donde se cumplimenta un análisis modal de fallos y efectos. Se trata de un documento indispensable para obtener cualquier certificación de calidad y el cual conviene tener en toda empresa ya sea pequeña, mediana o grande.

Esta técnica fue aplicada por primera vez en la industria aeroespacial en la década de los 60 en Estados Unidos. Ya en la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejora de la calidad de productos y procesos, reduciendo costes.

En un AMFE se han de identificar y valorar los siguientes aspectos:

- Denominación del componente e identificación
- Parte del componente, operación o función
- Fallo o modo de fallo
- Efectos del fallo
- Causas del modo de fallo
- Medidas de ensayo y control previstas
- Gravedad
- Frecuencia
- Detectabilidad
- Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)
- Acción correctora
- Acciones implantadas
- Responsable

Para puntuar la gravedad, frecuencia y Detectabilidad de los posibles fallos se han utilizado las siguientes tablas.

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Tabla 23

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Tabla 24

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Tabla 25

Con la ayuda de la responsable de Calidad de la planta se ha cumplimentado el siguiente AMFE:

## Potential Failure Mode and Effects Analysis (Process FMEA)

1.FMEA No: **Ver hoja ind-ref**

Customer Name: **BSH**

Part number: **Ver hoja ind-ref**

Drawing Number: **Ver hoja ind-ref**

Engineering Change Level: **Ver hoja indice-re**

Part name: **Conjunto 1,2,3,4,5,6,7**

3.Process responsibility: **Responsible**

4.Prepared By: **Joseba Vizcay**

5.In a Report for Process- Mark FMEA Design paragraph No:

**NA**

6.Date for Initial Sample delivery:

**06/16**

7.FMEA END date:

**01/17**

Revue: **001**

8.Team persons & department name:

**Team mates**

Date: **26/05/2016**

Process Function/ Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S e v	C a s e	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	O c c u r	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Remarks	D e t e c	R. P. N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results				
														Actions Taken	S e v	O c c	D e t	R. P. N.
1.0 Incoming Control of Raw Material	1.0 Incoming Control of Raw Material for Base	Raw Material Analysis, Identification and Weight in shipment	Failed part	6	No Characteristic	Material supplier	2		According to COA from supplier and P.Brello's PO	6	72	None			0	0	0	0
2.0 Incoming Control of Raw Material	2.0 Incoming Control of Raw Material for front	Raw Material Analysis, Identification and Weight in shipment	Failed part	6	No Characteristic	Material supplier	2		According to COA from supplier and P.Brello's PO	6	72	None			0	0	0	0

3.0 Incoming Control of Masterbatch	3.0 Incoming Control of Masterbatch	Raw Material Analysis, Identification and Weight in shipment	Failed part	6	No Characteristic	Material supplier	2		According to COA from supplier and P.Brello's PO	Masterbatch Polybatch KS 43588/3, KS 4981/3, KS 67396/3, GKS 60003/3 from BSH According to COA from supplier and P.Brello's PO	6	72	None			0	0	0	0
4.0 Incoming Control of Ink	4.0 Incoming Control of Ink	Ink Analysis, Identification and Weight in shipment	Failed part	6	No Characteristic	Material supplier	2		Quantity and Visual Control.	Ink: VZF 29010 and VZF 07020 from Titan According to COA from supplier and P.Brello's PO	6	72	None			0	0	0	0
5.0 Incoming Control of Handle Cover	5.0 Incoming Control of Handle Cover	Visual problems, Identification and Weight in shipment	Failed part	6	No Characteristic	Material supplier	2		Quantity and Visual Control.	According to PO Without dirt and breaks and length dimension	6	72	None			0	0	0	0
6.0 Incoming Control of packaging	6.0 Incoming Control of packaging	General Visual Problems and right Quantity in the Shipment	Not Fit	6	No Characteristic	Human Error / Supplier	2		Visual Control	According to PO Without dirt and breaks	6	72	None			0	0	0	0
8.0 Logistic	8.0 Logistic	Raw Material movement	Bad Traceability	4	No Characteristic	Human Error	3		Job Order	Raw Material moving in process by FIFO	6	72	None			0	0	0	0

10.0 Front Injection - Set Up	10.0 Front Injection - Set Up	Reference identification	Incorrect reference	3	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control	According to reference table	5	30	None			0	0	0	0
	10.1 Front Injection - Set Up	Raw Material Identification	Failed part	6	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control - Identification of supplier's sticker	Raw Material Styrolution PS 165 L Bulk	6	72	None			0	0	0	0
	10.2 Front Injection - Set Up	Raw Material Identification	Failed part	6	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control - Identification of supplier's sticker	Raw Material Masterbatch Polybatch KS 43588/3, KS 4981/3, KS 67396/3, GKS 60003/3 from BSH	6	72	None			0	0	0	0
	10.3 Front Injection - Set Up	Marks and grain	Bad Traceability	2	No Characteristic	Human Error	6		Visual Control		3	36	None			0	0	0	0
	10.4 Front Injection - Set Up	Stable Injection Parameters	Failed part	7	No Characteristic	Human Factor/ Machine Performance	2	Injection Machine - Data Control			5	70	None			0	0	0	0
n - Operator Control	12.0 Front Injection - Operator Control	General Visual Problems	Bad aspect	5	No Characteristic	Human factor	2		Visual Control		6	60	None			0	0	0	0
	12.1 Front Injection - Operator Control	Flashes at parting line	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0

12.0 Front Injectic	12.2 Front Injection - Operator Control	Flashes at handle area	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	12.3 Front Injection - Operator Control	Black points y dirties	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
1.0 Front Injection Quality Control	14.0 Front Injection Quality Control	General Visual Problems	Bad aspect	5	No Characteristic	Injection Parameters / Raw Material	2		Visual Control		6	60	None			0	0	0	0
	14.1 Front Injection Quality Control	Flashes at parting line	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	1.2 Front Injection Quality Control	Flashes at handle area	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	14.3 Front Injection Quality Control	Black points y dirties	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	14.4 Front Injection Quality Control	Holes Hydrofresh AV	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	15 ± 0,3 mm	6	72	None			0	0	0	0
	14.5 Front Injection Quality Control	Holes Hydrofresh Value	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	15 ± 0,3 mm	6	72	None			0	0	0	0
	14.6 Front Injection Quality Control	Holes Crisper	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	15 ± 0,3 mm	6	72	None			0	0	0	0
	14.7 Front Injection Quality Control	Holes Freezer Drawer	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	15 ± 0,3 mm	6	72	None			0	0	0	0
	14.8 Front Injection Quality Control	Part Weight Hydrofresh AV	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	560 ± 20 gr	6	60	None			0	0	0	0



14.9 Front Injection Quality Control	Part Weight Hydrofresh Value	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	620 ± 20 gr	6	60	None			0	0	0	
14.10 Front Injection Quality Control	Part Weight Crisper	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	420 ± 20 gr	6	60	None			0	0	0	
14.11 Front Injection Quality Control	Part Weight Freezer Drawer	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	520 ± 20 gr	6	60	None			0	0	0	
14.12 Front Injection Quality Control	Functional test	Not Functional	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Visual Control	Base conjuntos 1,2,3,4,5,6,7	6	60	None			0	0	0	0
14.13 Front Injection Quality Control	Functional test	Not Functional	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Visual Control	Handle cover	6	60	None			0	0	0	0
14.14 Front Injection Quality Control	Measurement on Hydrofresh AV	Not Functional	6	SPC	Injection Parameters	2		Measurement	208,2 ± 0,4 mm (drawing)	4	48	None			0	0	0	0
14.15 Front Injection Quality Control	Measurement on Hydrofresh Value	Not Functional	6	SPC	Injection Parameters	2		Measurement	245,4 ± 0,3 mm (drawing)	4	48	None			0	0	0	0
14.16 Front Injection Quality Control	Measurement on Crisper	Not Functional	6	SPC	Injection Parameters	2		Measurement	142,8 ± 0,2 mm (drawing)	4	48	None			0	0	0	0

16.0 Front Serigraphy - Set Up	16.0 Front Serigraphy - Set Up	Raw Material Identification	Failed part	6	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control - Identification of supplier's sticker	Raw Material Styrolution PS 165 L Bulk	6	72	None			0	0	0	0
	16.1 Front Serigraphy - Set Up	Ink Identification and expiration date	Failed part	6	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control - Identification of supplier's sticker	Ink: VZF 29010 and VZF 07020 from Titan According to COA from supplier and P.Brello's PO	6	72	None			0	0	0	0
	16.2 Front Serigraphy - Set Up	Correct part number	Bad Traceability	2	No Characteristic	Human Error	6		Visual Control		3	36	None			0	0	0	0
	16.3 Front Serigraphy - Set Up	Ink correct glued	Failed part	7	No Characteristic	Human Factor/ Machine Performance	2		Test with Isopropyl alcohol		5	70	None			0	0	0	0
18.0 Serigraphy - Operator Control	18.0 Serigraphy - Operator Control	General Visual Problems	Bad aspect	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Visual Control		6	60	None			0	0	0	0
	18.1 Serigraphy - Operator Control	Serigraphy in correct position	Bad aspect	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	18.2 Serigraphy - Operator Control	Ink dirties	Bad aspect	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	18.3 Serigraphy - Operator Control	Complete Serigraphy	Bad aspect	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0

20.0 Serigraphy - Quality Control	20.0 Serigraphy - Quality Control	General Visual Problems	Bad aspect	5	No Characteristic	Injection Parameters / Raw Material	2		Visual Control		6	60	None			0	0	0	0
	20.1 Serigraphy - Quality Control	Serigraphy in correct position	Bad aspect	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	20.2 Serigraphy - Quality Control	Ink dirties	Bad aspect	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	20.3 Serigraphy - Quality Control	Complete Serigraphy	Bad aspect	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
22.0 Base Injection - Set Up	22.0 Base Injection - Set Up	Reference identification	Incorrect reference	3	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control	According to reference table	5	30	None			0	0	0	0
	22.1 Base Injection - Set Up	Raw Material Identification	Failed part	6	No Characteristic	Human Error	2		Visual Control - Identification of supplier's sticker	Raw Material HOSTACO M HBC 489R W92607 from BSH	6	72	None			0	0	0	0
	22.2 Base Injection - Set Up	Marks	Bad Traceability	2	No Characteristic	Human Error	6		Visual Control		3	36	None			0	0	0	0
	22.3 Base Injection - Set Up	Stable Injection Parameters	Failed part	7	No Characteristic	Human Factor/ Machine Performance	2	Injection Machine - Data Control			5	70	None			0	0	0	0
Control	24.0 Base Injection - Operator Control	General Visual Problems	Bad aspect	5	No Characteristic	Human factor	2		Visual Control		6	60	None			0	0	0	0

24.0 Base Injection - Operator	24.1 Base Injection - Operator Control	Flashes at parting line	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	24.2 Base Injection - Operator Control	Flashes at handle area	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	24.3 Base Injection - Operator Control	Lack of material in inserts	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	26.0 Base Injection Quality Control	General Visual Problems	Bad aspect	5	No Characteristic	Injection Parameters / Raw Material	2		Visual Control		6	60	None			0	0	0	0
	26.1 Base Injection Quality Control	Flashes at parting line	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	26.2 Base Injection Quality Control	Flashes at handle area	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	26.3 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters / Mold	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	26.4 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Lower Freezer	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None			0	0	0	0
	26.5 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Middle Freezer	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None						
	26.6 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Upper Freezer	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None						
	26.7 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Hydrofresh Value	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None						

## 26.0 Base Injection Quality Control

26.8 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Hydrofresh AV	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None					
26.9 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Full Open Box	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None					
26.10 Base Injection Quality Control	Lack of material in inserts on Crisper	Not Functional	6	No Characteristic	Injection Parameters	2		Caliper	12,2 ± 0,2 mm	6	72	None					
26.11 Base Injection Quality Control	Part Weight Lower Freezer	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	587 ± 20 gr	6	60	None			0	0	0
26.12 Base Injection Quality Control	Part Weight Middle Freezer	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	1680 ± 20 gr	6	60	None					
26.13 Base Injection Quality Control	Part Weight Upper Freezer	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	860 ± 20 gr	6	60	None					
26.14 Base Injection Quality Control	Part Weight Hydrofresh Value	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	2010 ± 20 gr	6	60	None					
26.15 Base Injection Quality Control	Part Weight Hydrofresh AV	Poor appearance	5	No Characteristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	1920 ± 20 gr	6	60	None					

	26.16 Base Injection Quality Control	Part Weight Full Open Box	Poor apearance	5	No Charact eristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	780 ± 20 gr	6	60	None						
	26.17 Base Injection Quality Control	Part Weight Crisper	Poor apearance	5	No Charact eristic	Injection Parameters	2		Digital weighing machine in hundredths of gram	950 ± 20 gr	6	60	None						
	26.18 Base Injection Quality Control	Functional test	Not Functional	5	No Charact eristic	Injection Parameters	2		Visual Control	Frontal conjuntos 1,2,3,4,5,6, 7	6	60	None			0	0	0	0
	26.19 Base Injection Quality Control	SPC Measurment on Hydrofresh AV	Not Functional	6	SPC	Injection Parameters	2		Measurem ent	208,2 ± 0,4 mm (drawing)	4	48	None			0	0	0	0
	26.20 Base Injection Quality Control	SPC Measurment on Hydrofresh Value	Not Functional	6	SPC	Injection Parameters	2		Measurem ent	245,4 ± 0,3 mm (drawing)	4	48	None			0	0	0	0
	26.21 Base Injection Quality Control	SPC Measurment on Crisper	Not Functional	6	SPC	Injection Parameters	2		Measurem ent	142,8 ± 0,2 mm (drawing)	4	48	None			0	0	0	0
28.0 Assembly - Set Up	28.0 Assembly - Set Up	Front Identification	Failed part	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control - Identificati on of supplier's sticker	Manufactur ed in Plasticos Brello	6	72	None			0	0	0	0
	28.1 Assembly - Set Up	Handle cover Identification	Failed part	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control - Identificati on of supplier's sticker	Handle Cover from BSH	6	72	None			0	0	0	0
	28.2 Assembly - Set Up	Correct part number	Failed part	7	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control	According to the attached table_Tabla adjunta	5	70	None			0	0	0	0

30.0 Assembly - Operator Control	30.0 Assembly - Operator Control	General Visual Problems	Bad aspect	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	30.1 Assembly - Operator Control	Correct assembly between front and base	Not Functional	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control	Leave 5 parts in the conveyor before assembling	7	84	None			0	0	0	0
	30.2 Assembly - Operator Control	Correct assembly between front and handle cover	Not Functional	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control		5	60	None			0	0	0	0
	30.3 Assembly - Operator Control	Correct place of handle cover	Not Functional	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
32.0 AssemblyQuality Control	32.0 Assembly Quality Control	General Visual Problems	Bad aspect	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	32.1 Assembly Quality Control	Correct assembly between front and base	Not Functional	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	32.2 Assembly Quality Control	Correct assembly between front and handle cover	Not Functional	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control	Leave 5 parts in the conveyor before assembling	7	84	None			0	0	0	0
	32.3 Assembly Quality Control	Correct place of handle cover	Not Functional	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control		6	72	None			0	0	0	0
	32.4 Assembly Quality Control	Correct quantity	Special deliveries	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control	Place an instruction at the injection machine	7	84	None			0	0	0	0
33.0 Packaging	33.0 Packaging	Wrong Packaging Data	Not Fit	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control	30 pcs in each TARPACK	6	72	None			0	0	0	0

33.0 Packaging

33.1 Packaging	Labelling	Bad Identification	6	No Charact eristic	Human Error	2		Visual Control	ID Label	6	72	None				0	0	0	0
-------------------	-----------	-----------------------	---	--------------------------	-------------	---	--	-------------------	----------	---	----	------	--	--	--	---	---	---	---





### **13.4. QP's Log Book**

El Quality Plans Log Book es un documento vivo de Plásticos Brello donde se tiene la última actualización del estado de cada proyecto. Cuando se realiza una revisión del estado de un proyecto se actualiza el QP de manera que de un vistazo se puede ver qué proyecto está en marcha, finalizado o pendiente de homologar y cuál es su estado actual. En el caso del proyecto nuevo que trata este TFG, en el QP se han dividido los siete posibles conjuntos resultantes, cada uno con sus datos específicos de nivel de ingeniería, fecha de última actualización y referencias.

Es un documento de utilidad tanto para la planta de Peralta, Bardi, como para la de Huarte – Pamplona. Cuando se realiza una actualización en él, se envía al responsable de la otra planta del grupo para que siempre se tenga la última actualización del mismo.

Se adjunta la parte referente al proyecto indicado ya que el resto de proyectos comprometen la confidencialidad de la empresa.



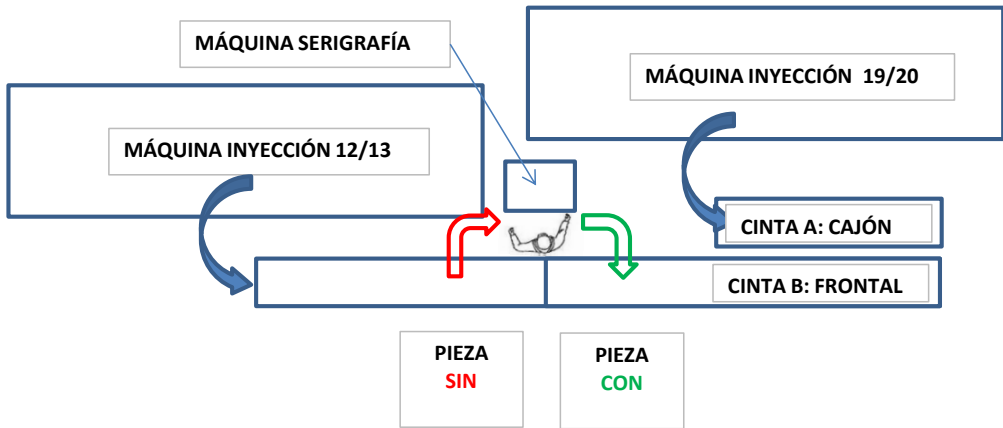
QP No.	QP Version	Update Date	Part No.	Planta	Part Name	Project	Drawing No.	ECL	Reason of Update	Responsible
<b>Quality Plan 08/16</b>										
8/16	001	13/05/2016	9000999084 9000999087 9000999085	Brello/Huarte	CONJUNTO CAJÓN HYDROFRESH VALUE	BSH (Conjunto_1)		A8/19- 11- 2015	Initial	Joseba Vizcay
<b>Quality Plan 09/16</b>										
9/16	001	13/05/2016	9000982568 9000982611 9000982609	Brello/Huarte	CONJUNTO CAJÓN HYDROFRESH ADDED VALUE	BSH (Conjunto_2)		A12/19- 11- 2015	Initial	Joseba Vizcay
<b>Quality Plan 10/16</b>										
10/16	001	13/05/2016	9000985111 9000985113	Brello/Huarte	CONJUNTO CAJÓN CRISPER ENTRY	BSH (Conjunto_3)		A4/11- 06- 2015	Initial	Joseba Vizcay
<b>Quality Plan 11/16</b>										
11/16	001	13/05/2016	9000985142 9000985143 9000985144	Brello/Huarte	CONJUNTO CAJÓN SUPERIOR UPPER	BSH (Conjunto_4)	5700 0001088823	A5/19- 08- 2015	Initial	Joseba Vizcay
<b>Quality Plan 12/16</b>										
12/16	001	13/05/2016	9000985146 9000985147 9000985148	Brello/Huarte	CONJUNTO CAJÓN INTERMEDIO MIDDLE	BSH (Conjunto_5)	5700 0001088824	A4/19- 08- 2015	Initial	Joseba Vizcay
<b>Quality Plan 13/16</b>										
13/16	001	13/05/2016	8001037180 8001037182 8001037185	Brello/Huarte	CONJUNTO CAJÓN INFERIOR LOWER	BSH (Conjunto_6)	5700 0001088825	A5/17- 05- 2016	Initial	Joseba Vizcay
<b>Quality Plan 14/16</b>										
14/16	001	13/05/2016	9001012484 9001012487 9001012488	Brello/Huarte	CONJUNTO FULL OPEN BOX ENTRY	BSH (Conjunto_7)		A1/12- 05- 2016	Initial	Joseba Vizcay

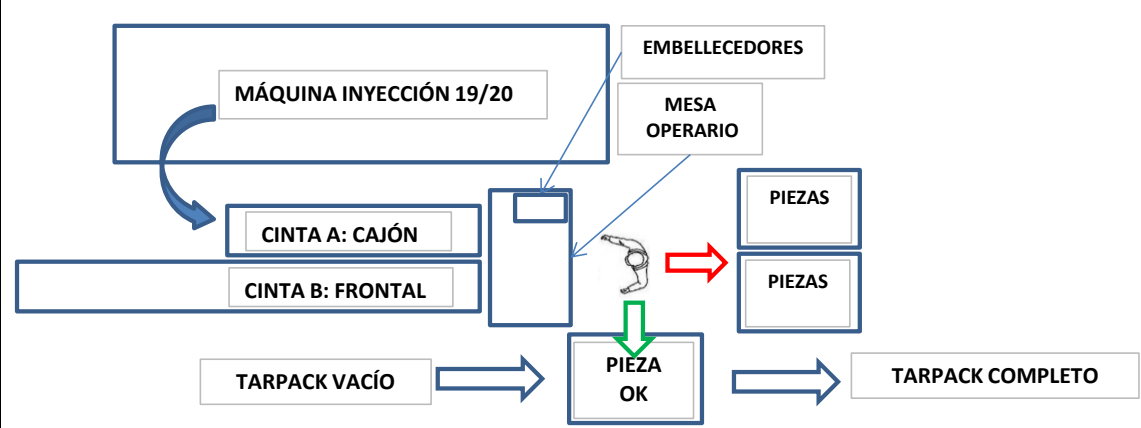


### **13.5. Layout de puesto de montaje y 5S**

En el apartado *12.5 Diseño del puesto de montaje* de este documento ya se detalla cual va a ser el diseño del puesto de montaje para el proyecto BSH 2016. A pesar de ello, es necesario realizar la documentación pertinente la cual irá adjuntada en el propio puesto de trabajo para que el operario reconozca los elementos del mismo y su función. A esto se le añade unos apartados del método de las 5S originario de Japón, los cuales están relacionados con el orden, la limpieza y el ahorro de tiempo.

Así, se generan los siguientes documentos relacionados con el puesto de trabajo.

		LAYOUT			
Referencia	CAJONES NF14/16		Máquina		12 y 13
Descripción	SERIGRAFÍA		Cliente		BSH
			Actualizado	23/05/2016	Rev 001
Lay-out del puesto de trabajo:					
					
MÉTODO DE ACTUACIÓN PARA MANTENER LIMPIOS Y ORDENADOS LOS PUESTOS DE TRABAJO (5S)					
1º	EL PUESTO DE TRABAJO DEBE ESTAR SIEMPRE LIMPIO Y ORDENADO. El puesto de trabajo debe dejarse perfectamente ordenado y limpio a este esquema al finalizar el turno de trabajo y antes de rotar con el compañero				
2º	TRASPASO DE INFORMACIÓN. Se ha colocado en el panel de cada máquina un documento para traspasar la información de un operario a otro. Verificar antes de empezar en el puesto de trabajo el documento FABR-14 y cumplimentarlo en caso de incidencia				
3º	EN EL PUESTO DE TRABAJO SOLO TIENE QUE HABER LO NECESARIO PARA LA PRODUCCIÓN. Las piezas utilizadas para sub-montajes estarán ubicadas en una estantería, al que familiarmente le hemos llamado ´supermercado´. El operario retirará de esta estantería las piezas, insertos, gomas,etc. cuando sea necesario. No habiendo nunca más cantidad de los establecido cómo necesario y en el lugar indicado en este esquema.				
4º	CADA RESIDUO EN SU SITIO Y UN SITIO PARA CADA RESIDUO. Se han establecido diferentes contenedores para cada tipo de residuo; film plástico, orgánicos, cartón, madera, piezas defectuosas y otros residuos plásticos. Estos emplazamientos deben respetarse siempre, no mezclandose diferentes tipos de residuos entre sí.				
5º	DOCUMENTACION COMPLETA A PIE DE MAQUINA. En cada puesto de trabajo hay colocado un panel con la documentación necesaria, instrucciones de trabajo, pauta de embalaje, etiquetas... dejar siempre la documentación en el lugar indicado.				
6º	UTILES DE LIMPIEZA LOCALIZADOS. Se ha colocado un armario con los productos de limpieza para su correcta conservación y localización. Además se han colocado varios puntos a lo largo de la fábrica con los útiles de limpieza estandarizados, para favorecer un acceso rápido y cómodo a los mismos. Después de utilizar cualquier elemento de limpieza, se devuelve a su sitio.				
7º	CERRAR LAS CAJAS INCOMPLETAS. Una vez finalizada la producción se cerrará la caja de componentes que haya quedado incompleta y se llevará a la estantería de producción, ubicándolo en el lugar denifido.				
REALIZADO POR:		APROBADO POR		VERIFICADO POR	
Joseba Vizcay					

		LAYOUT			
Referencia	CAJONES NF14/16		Máquina	19/20	
Descripción	MONTAJE DE CONJUNTO		Cliente	BSH	
			Actualizado	23/05/2016	Rev 001
<u>Lay-out del puesto de trabajo:</u>					
					
		<b><u>MÉTODO DE ACTUACIÓN PARA MANTENER LIMPIOS Y ORDENADOS LOS PUESTOS DE TRABAJO (5S)</u></b>			
1º	<b>EL PUESTO DE TRABAJO DEBE ESTAR SIEMPRE LIMPIO Y ORDENADO.</b> El puesto de trabajo debe dejarse perfectamente ordenado y limpio a este esquema al finalizar el turno de trabajo y antes de rotar con el compañero				
2º	<b>TRASPASO DE INFORMACIÓN.</b> Se ha colocado en el panel de cada máquina un documento para traspasar la información de un operario a otro. Verificar antes de empezar en el puesto de trabajo el documento <b>FABR-14</b> y cumplimentarlo en caso de incidencia				
3º	<b>EN EL PUESTO DE TRABAJO SOLO TIENE QUE HABER LO NECESARIO PARA LA PRODUCCIÓN.</b> Las piezas utilizadas para sub-montajes estarán ubicadas en una estantería, al que familiarmente le hemos llamado ´supermercado´. El operario retirará de esta estantería las piezas, insertos, gomas,etc. cuando sea necesario. No habiendo nunca más cantidad de los establecido cómo necesario y en el lugar indicado en este esquema.				
4º	<b>CADA RESIDUO EN SU SITIO Y UN SITIO PARA CADA RESIDUO.</b> Se han establecido diferentes contenedores para cada tipo de residuo; film plástico, orgánicos, cartón, madera, piezas defectuosas y otros residuos plásticos. Estos emplazamientos deben respetarse siempre, no mezclandose diferentes tipos de residuos entre sí.				
5º	<b>DOCUMENTACION COMPLETA A PIE DE MAQUINA.</b> En cada puesto de trabajo hay colocado un panel con la documentación necesaria, instrucciones de trabajo, pauta de embalaje, etiquetas... dejar siempre la documentación en el lugar indicado.				
6º	<b>UTILES DE LIMPIEZA LOCALIZADOS.</b> Se ha colocado un armario con los productos de limpieza para su correcta conservación y localización. Además se han colocado varios puntos a lo largo de la fábrica con los útiles de limpieza estandarizados, para favorecer un acceso rápido y cómodo a los mismos. Después de utilizar cualquier elemento de limpieza, se devuelve a su sitio.				
7º	<b>CERRAR LAS CAJAS INCOMPLETAS.</b> Una vez finalizada la producción se cerrará la caja de componentes que haya quedado incompleta y se llevará a la estanteria de producción, ubicándolo en el lugar denifido.				
REALIZADO POR:		APROBADO POR		VERIFICADO POR	
Joseba Vizcay					





## **14. DISEÑO DE CONTROLES DE PROCESO**

Los controles de proceso son fundamentales en cualquier industria. Tienen como objetivo evitar que el cliente reciba piezas defectuosas por el motivo que fuera y que la empresa reciba sanción o aviso alguno.

Se realizan por el departamento de calidad y por el operario que se encuentra trabajando en dicha máquina. El inspector de calidad de Plásticos Brello recoge al inicio y final de cada producción y cada 4 horas durante la producción normal una pieza de cada una de las que se producen en la planta. Esta pieza debe pasar un examen para que dicha producción sea etiquetada como válida y correcta, el cual se llama Control Volante, mencionado en el apartado del Plan de Control. Para facilitar la labor del departamento de calidad y detectar en el menor tiempo posible cualquier problema en la producción, los operarios reciben una formación y una documentación acorde a cada producto. Esta documentación suele contener un Autocontrol, del que se ha hablado también anteriormente en el apartado de Plan de Control. En él se detallan los posibles fallos que pueda tener la pieza: escasas, rebabas, tensiones, agarres, arrastres, etcétera. De esta manera si el operario observa una anomalía en la producción puede avisar al inspector de calidad para que éste compruebe si la producción ha de detenerse o por el contrario puede proseguir.

Por lo tanto, se han realizado dos tipos de documentos: El Control Volante para el inspector de calidad y el Autocontrol para el operario. Ambos documentos se encuentran triplicados dado que es necesario uno para el frontal, otro para la base y uno más para el montaje del conjunto.

## 14.1. Bases

### Autocontrol

Referencia	Denominación	AUTOCONTROL	Características críticas	
Varios	Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)		KPC's=0	KCC's=0
Nivel	Número de QP		Fecha	25/05/2016
0	08/16-14/16			Rev 001



Nº	OPERACIÓN CONTROL	Cotas y tolerancias	Elemento empleado	Piezas a inspeccionar	Intervalo
24,0	Problemas generales	Master part	Control Visual	100%	Continuous
24,1	Rebabas línea de cierre	Master part	Control Visual	100%	Continuous
24,2	Rebabas en el área del asa	Master part	Control Visual	100%	Continuous
24,3	Escasa en pivotes	Master part	Control Visual	100%	Continuous



Referencia		Denominación				PAUTA Y RESULTADOS DE CONTROL VOLANTE								Intervalo			Características críticas			
Various		Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)												Cada puesta en marcha, cada 4±2 horas y final			KPC's=0		KCC's=0	
Nivel		Descripción operación												Número de QP			Fecha		25/05/2016	
0		Comiezo de inyección y control volante															08/16-14/16		Rev 001	
Nº	OPERACIÓN CONTROL	Cotas y tolerancias	Util empleado	Tamaño muestra	Fecha H.															
22,0	Referencia correcta	Master part	Control visual	Cada arrancada																
22,1	Identificación materia prima	Raw Material HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Todos los lotes																
22,3	Marcado	Master part	Control visual	Cada Set Up																
26,0	Problemas generales	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
26,1	Rebabas linea de cierre	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
26,2	Rebabas en el area del asa	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
26,3	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
26,4	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
26,5	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
26,6	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
26,7	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
26,8	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
26,9	Escasa en pivotes	12,2 ± 0,2 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																

CONTROL VOLANTE BASE

26,11	Peso Pieza	587 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,12	Peso Pieza	1680 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,13	Peso Pieza	860 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,14	Peso Pieza	2010 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,15	Peso Pieza	1920 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,16	Peso Pieza	780 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,17	Peso Pieza	950 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
26,19	Test funcional	0	0	2 pcs de cada cavidad																
26,20	Medida cota SPC en Hydrofresh AV	202,2 ± 0,3 mm (drawing)	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs de cada cavidad																
26,21	Medida cota SPC en Hydrofresh Value	237 ± 0,3 mm (drawing)	Medicion con galga o montaje con la base	1 pcs de cada cavidad																
33,1	Etiqueta interna	ID Label	Control Visual	Todos los comienzos																
Observaciones:				Firma																

## 14.2. Frontales

### Autocontrol

Referencia	Denominación	AUTOCONTROL	Características críticas		
Varios	Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)		KPC's=0	KCC's=0	
Nivel	Número de QP		Fecha	25/05/2016	
0	08/16-14/16			Rev	001



Nº	OPERACIÓN CONTROL	Cotas y tolerancias	Elemento empleado	Piezas a inspeccionar	Intervalo
12,0	Problemas generales	Master part	Control Visual	100%	Continuous
12,1	Rebabas línea de cierre	Master part	Control Visual	100%	Continuous
12,2	Rebabas en el área del asa	Master part	Control Visual	100%	Continuous
12,3	Escasa en pivotes	Master part	Control Visual	100%	Continuous



18,0	Problemas generales	Master part	Control Visual	100%	Continuous
18,1	Serigrafía en la posición correcta	Master part	Control Visual	100%	Continuous
18,2	Manchas de tinta	Master part	Control Visual	100%	Continuous
18,3	Dibujo completo	Master part	Control Visual	100%	Continuous

Referencia		Denominación				PAUTA Y RESULTADOS DE CONTROL VOLANTE								Intervalo			Características críticas			
Various		Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)												Cada puesta en marcha, cada 4±2 horas y final			KPC's=0		KCC's=0	
Nivel		Descripción operación												Número de QP			Fecha		25/05/2016	
0		Comiezo de inyección y control volante															08/16-14/16		Rev 001	
Nº	OPERACIÓN CONTROL	Cotas y tolerancias	Util empleado	Tamaño muestra	Fecha H.															
10,0	Referencia correcta	Master part and table of reference	Control visual	Cada arrancada																
10,1	Identificación materia prima	Raw Material HOSTACOM HBC 489R W92607 from BSH	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Todos los lotes																
10,2	Identificación Master	Raw Material Masterbatch Polybatch KS 43588/3, KS 4981/3, KS 67396/3, GKS 60003/3 from BSH	Control visual e identificación de la etiqueta del proveedor	Todos los lotes																
10,4	Marcado	Master part	Control visual	Cada Set Up																
14,0	Problemas generales	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
14,1	Rebabas linea de cierre	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
14,2	Rebabas en el area del asa	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
14,3	Escasa en pivotes	Master part	Control Visual	1 pcs de cada cavidad																
14,4	Agujero	15 ± 0,3 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
14,5	Agujero	15 ± 0,3 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
14,6	Agujero	15 ± 0,3 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																
14,7	Agujero	15 ± 0,3 mm	Calibre	1 pcs de cada cavidad cada día de producción																

## CONTROL VOLANTE FRONTAL

14,8	Peso Pieza Hydrofresh AV	560 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
14,9	Peso Pieza Hydrofresh Value	620 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
14,10	Peso Pieza Crisper	420 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
14,11	Peso Pieza Freezer Drawer	520 ± 20 gr	Balanza digital	1 pcs de cada cavidad																
14,12	Test funcional	Master part	Frontal	1 pcs de cada cavidad																
14,13	Test funcional	Master part	Frontal	2 pcs de cada cavidad																
14,14	Medida cota SPC en Hydrofresh AV	208,2 ± 0,4 mm (drawing)																		
14,15	Medida cota SPC en Hydrofresh Value	245,4 ± 0,3 mm (drawing)																		
14,16	Medida cota SPC en Crisper	142,8 ± 0,2 mm (drawing)																		
33,1	Etiqueta interna	ID Label	Control Visual	100%																
Observaciones:				Firma																

### 14.3. Conjunto

#### Autocontrol

Referencia	Denominación	AUTOCONTROL	Características críticas		
			KPC's=0	KCC's=0	
Various	Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)		Fecha	25/05/2016	
Nivel	Número de QP		Rev	001	
0	08/16-14/16				



OPERACIÓN CONTROL	Cotas y tolerancias	Elemento empleado	Piezas a inspeccionar	Intervalo
Problemas generales	Master part	Control Visual	100%	Continuous
Montaje correcto entre la base y el frontal	Master part	Control Visual	100%	Continuous
Montaje correcto entre el frontal y el embellecedor	Master part	Control Visual	100%	Continuous
Correcto posicionamiento del embellecedor	Master part	Control Visual	100%	Continuous

<b>Referencia</b>		<b>Denominación</b>				<b>PAUTA Y RESULTADOS DE CONTROL VOLANTE</b>								<b>Intervalo</b>			<b>Características críticas</b>			
Various		Cajones completos NF14/16: (Conjuntos 1,2,3,4,5,6,7)												Cada puesta en marcha, cada 4±2 horas y final			KPC's=0		KCC's=0	
<b>Nivel</b>		<b>Descripción operación</b>												<b>Número de QP</b>			<b>Fecha</b>		<b>Rev</b>	
0		Comiezo de inyección y control volante							08/16-14/16		25/05/2016		001							
<b>Nº</b>	<b>OPERACIÓN CONTROL</b>	<b>Cotas y tolerancias</b>	<b>Util empleado</b>	<b>Tamaño muestra</b>	<b>Fecha H.</b>															
28,0	Identificación de la base	Manufacture d in Plasticos Brello	Control visual	Todos los comienzos																
28,1	Identificación del frontal	Manufacture d in Plasticos Brello	Control visual	Todos los comienzos																
28,2	Identificación del embellecedor	Handle Cover from BSH	Control visual	Todos los comienzos																
28,3	Referencia correcta	According to the attached table_Tabla adjunta	Control visual	Todos los comienzos																
32,0	Problemas generales	Master part	Control Visual	1 pieza																
32,1	Montaje correcto entre la base y el frontal	Master part	Control Visual	1 pieza																
32,2	Montaje correcto entre el frontal y el embellecedor	Master part	Control Visual	1 pieza																
32,3	Correcto posicionamiento del embellecedor	Master part	Control Visual	1 pieza																
33,0	Datos de embalaje equivocados	30 pcs in each TARPack	Control Visual	100%																
33,1	Etiqueta interna	ID Label	Control Visual	100%																
<b>Observaciones:</b>				<b>Firma</b>																



#### 14.4. Envíos y trazabilidad

Uno de los errores más problemáticos en los envíos de productos suele ser el envío erróneo de piezas: En vez de enviar cierta referencia se envía otra. Para solucionar este problema se pensó en implantar el uso de unos lectores de distintos tipos de códigos de identificación (códigos de barra, VDA, GTL, QR...) como los que se pueden ver en las siguientes imágenes.



Figura 114

Para ello se contactó con dos empresas especializadas en temas de trazabilidad y transmisión de datos. Tras comparar las ofertas de ambos proveedores se escogió la más completa de las dos, ya que no tenían apenas diferencia en el precio pero sí en el servicio.

Se trata del uso de dos pistolas lectoras como las de la siguiente imagen cuya labor es comparar el código que aparece en la etiqueta de envío y el código con el que se referencia el artículo en almacén. Tras compararlos y verificar si la elección es correcta el sistema procede a volcar la información que contiene la identificación interna de la producción (lote, fecha, turno, operario, material) sobre el código de envío, de manera que la trazabilidad del proceso es completa.



28-tecla  
numérica

Figura 115

Su implantación se encuentra a la espera de la marcha de un cliente importante en la actualidad ya que la mayoría de las referencias están relacionadas con él y una implantación a posteriori resultaría mucho más productiva.





## **15. RESUMEN Y CONCLUSIONES FINALES**

Tras exponer las fases y el ciclo de vida de lo que es un proyecto en la realidad y haber desarrollado los puntos en los que se ha integrado en la empresa, se cree que este Trabajo Fin de Grado de la Universidad Pública de Navarra muestra en gran detalle la realidad del desarrollo de un proyecto y las labores que un ingeniero debe realizar en él, teniendo en cuenta que no se ha desarrollado completamente todo el proyecto.

En relación a los objetivos inicialmente planteados se quiere remarcar el carácter no solo expositor y descriptivo de este documento sino también el cierto carácter didáctico que tiene marcado, en la medida en que muestra las distintas fases del ciclo de vida de un proyecto, sus responsables, los recursos utilizados... mediante un ejemplo real y comprensible.

En cuanto a las valoraciones críticas sobre el proyecto relacionado con este trabajo y el funcionamiento de la empresa, se puede decir que existe una cierta desorganización sobre el trabajo a realizar en el departamento de ingeniería. Hay una parte de este documento que actualmente en otros proyectos no se está llevando a cabo profundamente, como puede ser el seguimiento, sino que se realiza más superficialmente, y hay otros aspectos como la documentación que no los realiza el área de ingeniería sino que los realiza el departamento de calidad, cuando es el departamento de ingeniería quien los debe defender en el caso de una auditoria, ya sea para obtener o renovar una certificación ISO o sea para recibir la aprobación de un cliente para trabajar con él. Por lo tanto, se cree que existe cierto vacío en el departamento de ingeniería el cual se completa con el trabajo realizado por el autor de este documento en la empresa, ya no solo relacionado con este trabajo sino con la propia labor de las prácticas, de cara a los proyectos futuros. Se puede decir por lo tanto, que se ha cumplido el objetivo de aportar y especificar las posibilidades de mejora sobre el departamento y el objetivo de participar en la labor de otros departamentos y comprender su labor.

Las partes de este documento más útiles para la empresa han sido la realización de la labor de diseño de layout, del proceso de producción, del área logística y la cumplimentación de la documentación. Los primeros por el hecho de ahorrar trabajo al departamento de ingeniería como un integrante más, y el último por sembrar las bases para que sea el departamento de ingeniería quien lleve la documentación correspondiente de dicha área. La realización de moldflows añade un punto de valor al trabajo de la empresa ya que aumenta la capacidad de trabajo y de profundización sobre los proyectos que se puedan realizar en Plásticos Brello.

A nivel personal se han aprendido multitud de conceptos relacionados con el trabajo en equipo y el trabajo en una empresa. Se han adquirido conceptos de diseño de plantas de producción, sobre puestos de trabajo, abastecimiento de máquinas, etcétera. Se ha aprendido de igual manera a utilizar un software de simulación para poder conocer cómo va a evolucionar la inyección de una pieza y sus posibles defectos y dificultades. También se han desarrollado temas relacionados con logística, para ubicar el almacén y poder comprender como se trabaja en cuanto a envíos y stock. Finalmente se cree que un punto muy importante que también se remarca en las asignaturas de la Universidad Pública de Navarra, como es la documentación que se ha cumplimentado, tiene un carácter verdaderamente importante por el hecho de que cualquier compañero



en la empresa pueda realizar una consulta sobre el proyecto sin necesidad de contactar con el que lo realizó o está al tanto, ya que incluso puede que ya no se encuentre en la empresa.

Como conclusión general se podría decir que se han cumplido los objetivos inicialmente planteados realizando una labor de importancia en Plásticos Brello e integrándose en su plantilla.



## 16. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### Figuras

FIGURA 1 : AUTOMATIZACIÓN PLANTA	10
FIGURA 2: PLANTA PLÁSTICOS BRELLO	11
FIGURA 3: NEUMÁTICO CAUCHO	15
FIGURA 4: TRAJE NEOPRENO	15
FIGURA 5: SILICONA	15
FIGURA 6: TELÉFONO DE BAQUELITA	166
FIGURA 7: BANDEJA DE MELAMINA	17
FIGURA 8: ABRIGO DE POLIESTER	17
FIGURA 9: CUBOS DE HDPE	18
FIGURA 10: BOLSA DE LDPE	188
FIGURA 11: SILLA DE PP	19
FIGURA 12: CODOS DE PVC	19
FIGURA 13: CUERDA DE ESCALADA	199
FIGURA 14: VASO DE PS	20
FIGURA 15: PLANCHA DE METACRILATO	20
FIGURA 16: ESTRUCTURAS AMORFA Y CRISTALINA DE POLÍMEROS	21
FIGURA 17: EJEMPLO DE SUPERFICIE PARA CÁLCULO DE FUERZA DE CIERRE	566
FIGURA 18: CROQUIS DE MOLDE	90
FIGURA 19: CROQUIS DE MOLDE	91
FIGURA 20: CROQUIS DE MOLDE	91
FIGURA 21: CAJÓN HYDROFRESH AV	100
FIGURA 22: MUESTRAS DE PRUEBAS DE PORTUGAL	100
FIGURA 23: DETALLE IMPERFECCIÓN	100
FIGURA 24: DETALLE IMPERFECCIÓN	101
FIGURA 25: DETALLE IMPERFECCIÓN	101
FIGURA 26: FECHADOR	101
FIGURA 27: DETALLE IMPERFECCIÓN	102
FIGURA 28: DETALLE IMPERFECCIÓN	102
FIGURA 29: MOLDE HYDROFRESH AV	103
FIGURA 30: DETALLE IMPERFECCIÓN	104
FIGURA 31: MUESTRAS DE PRUEBA EN PORTUGAL	105
FIGURA 32: DETALLE IMPERFECCIÓN	105
FIGURA 33: DETALLE IMPERFECCIÓN	106
FIGURA 34: FECHADOR	106
FIGURA 35: DETALLE IMPERFECCIÓN	107
FIGURA 36: DETALLE IMPERFECCIÓN	107
FIGURA 37: DISTRIBUIDOR AGUA	108
FIGURA 38: FECHADOR	109
FIGURA 39: DETALLE IMPERFECCIÓN	110
FIGURA 40: DETALLE IMPERFECCIÓN	110
FIGURA 41: MOLDE HYDROFRESH VALUE	111
FIGURA 42: MUESTRAS DE PRUEBA EN PORTUGAL	112
FIGURA 43: MEUSTRAS DE PRUEBA EN PORTUGAL	113
FIGURA 44: COMPROBACIÓN MEDIDA AGUJAS	113



FIGURA 45: DETALLE IMPERFECCIÓN	114
FIGURA 46: DETALLE MARCADO	114
FIGURA 47: DETALLE IMPERFECCIÓN	115
FIGURA 48: DETALLE IMPERFECCIÓN	115
FIGURA 49: MOLDE MIDDLE FREEZER	116
FIGURA 50: DETALLE MARCADO	118
FIGURA 51: DETALLE IMPERFECCIÓN	119
FIGURA 52: DETALLE IMPERFECCIÓN	119
FIGURA 53: MOLDE UPPER FREEZER	120
FIGURA 54: DIBUJO LOWER FREEZER	121
FIGURA 55: DISEÑO ESTUDIO Nº 1	125
FIGURA 56: LLENADO ESTUDIO Nº 1	127
FIGURA 57: CONFIANZA LLENADO ESTUDIO Nº 1	128
FIGURA 58: CALIDAD ESTUDIO Nº 1	129
FIGURA 59: PRESIÓN ESTUDIO Nº 1	130
FIGURA 60: TEMPERATURA ESTUDIO Nº 1	130
FIGURA 61: EXPULSIÓN ESTUDIO Nº 1	131
FIGURA 62: ATRAPAMIENTO AIRE ESTUDIO Nº 1	131
FIGURA 63: LÍNEAS DE SOLDADURA ESTUDIO Nº 1	132
FIGURA 64: TEMP. REFRIGERANTE ESTUDIO Nº 1	132
FIGURA 65: CALIDAD REFRIGERACIÓN ESTUDIO Nº 1	133
FIGURA 66: CONTRACCIÓN ESTUDIO Nº 1	133
FIGURA 67: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº1	134
FIGURA 68: CONFIANZA LLENADO ESTUDIO Nº 2	136
FIGURA 69: CALIDAD ESTUDIO Nº 2	136
FIGURA 70: PRESIÓN ESTUDIO Nº 2	137
FIGURA 71: TEMPERATURA ESTUDIO Nº 2	137
FIGURA 72: EXPULSIÓN ESTUDIO Nº 2	138
FIGURA 73: ATRAPAMIENTO AIRE ESTUDIO Nº 2	138
FIGURA 74: LÍNEAS DE SOLDADURA ESTUDIO Nº 2	139
FIGURA 75: TEMPERATURA REFRIGERANTE ESTUDIO Nº 2	139
FIGURA 76: CALIDAD REFRIGERACIÓN ESTUDIO Nº 2	140
FIGURA 77: CONTRACCIÓN ESTUDIO Nº 2	140
FIGURA 78: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 2	141
FIGURA 79: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 2	141
FIGURA 80: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 2	142
FIGURA 81: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 2	142
FIGURA 82: DISEÑO ESTUDIO Nº 3	144
FIGURA 83: DISEÑO ESTUDIO Nº 3	145
FIGURA 84: DISEÑO ESTUDIO Nº 3	145
FIGURA 85: DISEÑO ESTUDIO Nº 3	146
FIGURA 86: CONFIANZA LLENADO ESTUDIO Nº 3	148
FIGURA 87: CALIDAD ESTUDIO Nº 3	148
FIGURA 88: PRESIÓN ESTUDIO Nº 3	149
FIGURA 89: TEMPERATURA ESTUDIO Nº 3	149
FIGURA 90: EXPULSIÓN ESTUDIO Nº 3	150
FIGURA 91: ATRAPAMIENTO DE AIRE ESTUDIO Nº 3	150
FIGURA 92: LÍNEAS DE SOLDADURA ESTUDIO Nº 3	151
FIGURA 93: TEMPERATURA REFRIGERANTE ESTUDIO Nº 3	151



FIGURA 94: CALIDAD REFRIGERACIÓN ESTUDIO Nº 3	152
FIGURA 95: CONTRACCIÓN ESTUDIO Nº 3	152
FIGURA 96: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 3	153
FIGURA 97: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 3	153
FIGURA 98: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 3	154
FIGURA 99: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 3	154
FIGURA 100: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 3	156
FIGURA 101: DEFORMACIÓN ESTUDIO Nº 3	157
FIGURA 102: DISEÑO ESTUDIO Nº 4	157
FIGURA 103: CONFIANZA DE LLENADO ESTUDIO Nº 4	159
FIGURA 104: CALIDAD ESTUDIO Nº 4	160
FIGURA 105: PRESIÓN ESTUDIO Nº 4	160
FIGURA 106: TEMPERATURA ESTUDIO Nº 4	161
FIGURA 107: EXPUSIÓN ESTUDIO Nº 4	161
FIGURA 108: CALIDAD DE REFRIGERACIÓN ESTUDIO Nº 4	162
FIGURA 109: DISPOSICIÓN MÁQUINAS DEFINITIVA	168
FIGURA 110: TRANSPALETA ELÉCTRICA	171
FIGURA 111: LAYOUT ALMACÉN	177
FIGURA 112: PUESTO DE TRABAJO	178
FIGURA 113: PUESTO DE MONTAJE	179
FIGURA 114: CODIGOS DE IDENTIFICACIÓN	229
FIGURA 115: HARDWARE IDENTIFICACIÓN	229

## **Tablas**

TABLA 1 .....	65
TABLA 2 .....	68
TABLA 3 .....	69
TABLA 4 .....	71
TABLA 5 .....	72
TABLA 6 .....	76
TABLA 7 .....	77
TABLA 8 .....	81
TABLA 9 .....	82
TABLA 10 .....	84
TABLA 11 .....	84
TABLA 12 .....	85
TABLA 13 .....	87
TABLA 14 .....	102
TABLA 15 .....	104
TABLA 16 .....	106
TABLA 17 .....	108
TABLA 18 .....	109
TABLA 19 .....	115
TABLA 20 .....	163
TABLA 21 .....	174



TABLA 22 .....	175
TABLA 23 .....	200
TABLA 24 .....	200
TABLA 25 .....	200





## **17. BIBLIOGRAFÍA**

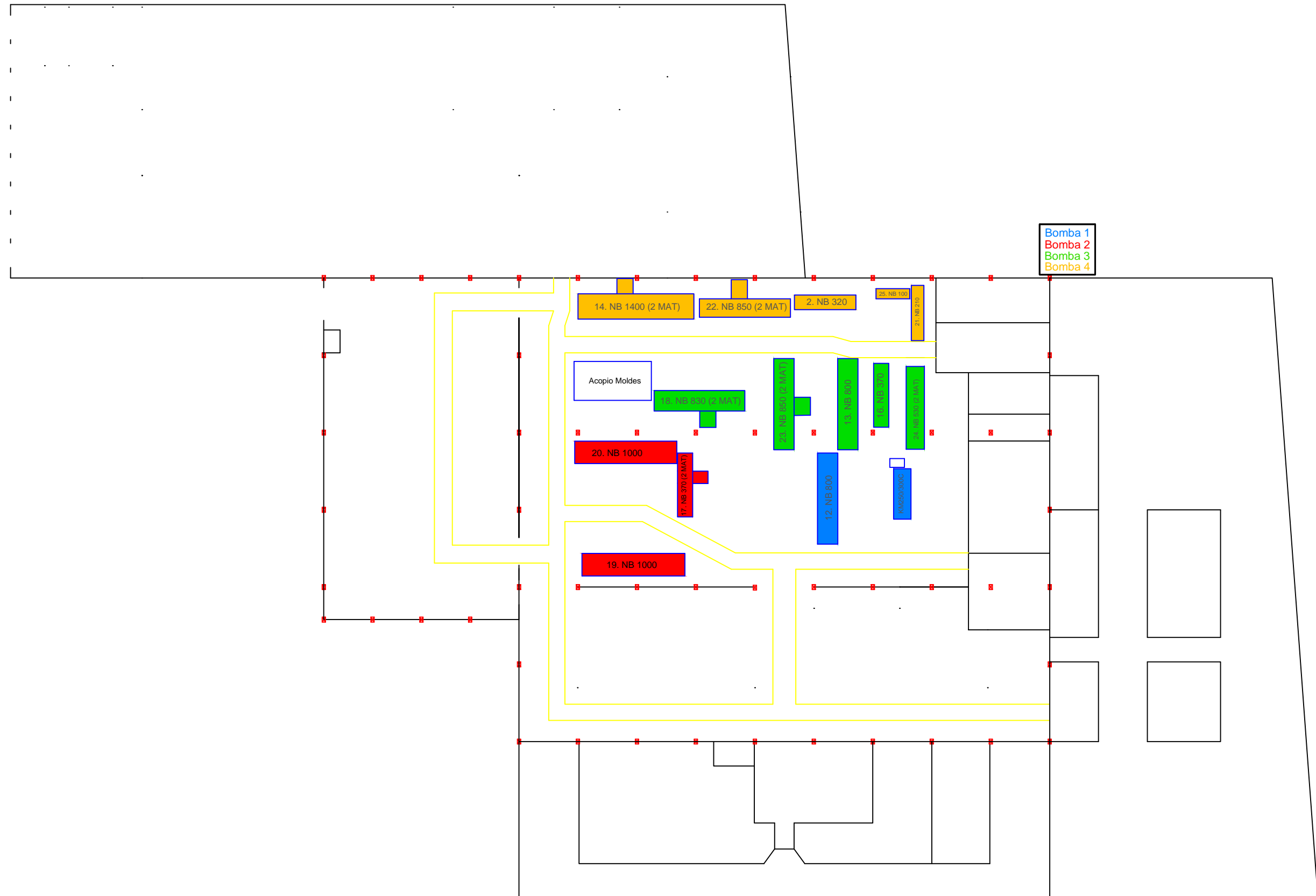
- Ansó Navarro, Iñigo. 2015 Creación de base de datos y estudio de análisis de una pieza de plástico para la selección de cámara caliente. UPNA
- Arazo Urraca, J.L. 1999. Inyección de termoplásticos, manual del inyector
- Caballero Águila, Manuel. 2010. Manual de inyección de plásticos
- ITM Platform. Ciclo de vida de un proyecto. (Fecha de consulta 9/05/2016). Disponible en: <http://www.itmplatform.com/es/blog/ciclo-de-vida-del-proyecto/>
- M.B.,M.M.,M.P.,E.P. Trabajo de investigación sobre la industria de los plásticos. (Fecha de consulta 4/04/2016) Disponible en: [www.ceiucaweb.com.ar/documentos/5-industrial/4to-anio-1er-cuatri/procesos-industriales1/apunte/industria\\_plastica.pdf](http://www.ceiucaweb.com.ar/documentos/5-industrial/4to-anio-1er-cuatri/procesos-industriales1/apunte/industria_plastica.pdf)
- Negri Bossi. 1997. Moldes y máquinas de inyección de para la transformación de plásticos
- Pérez Induráin, Pablo. 2010. Diseño del molde para la inyección de una pieza de plástico. UPNA
- Polvoleno. Denominación y acrónimos. (Actualizada 2010) (Fecha de consulta 20/03/2016). Disponible en: [www.polvoleno.com](http://www.polvoleno.com)
- Robert A. Malloy, 1994. Plastic part design for injection molding. Hanser
- SYSFIX. Fabricante de fijaciones de plástico y productos para la ferretería. Historia del plástico. (Actualizada 8/02/2011) (Fecha de consulta 15/03/2016) Disponible en: [www.sysfix.es](http://www.sysfix.es)
- Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea. Capítulo 2: Ciclo de vida del Proyecto y Organización. (Fecha de consulta 9/05/2016). Disponible en: <http://www.ehu.eus/asignaturasKO/PM/PMBOK/tema%202Meto03.pdf>



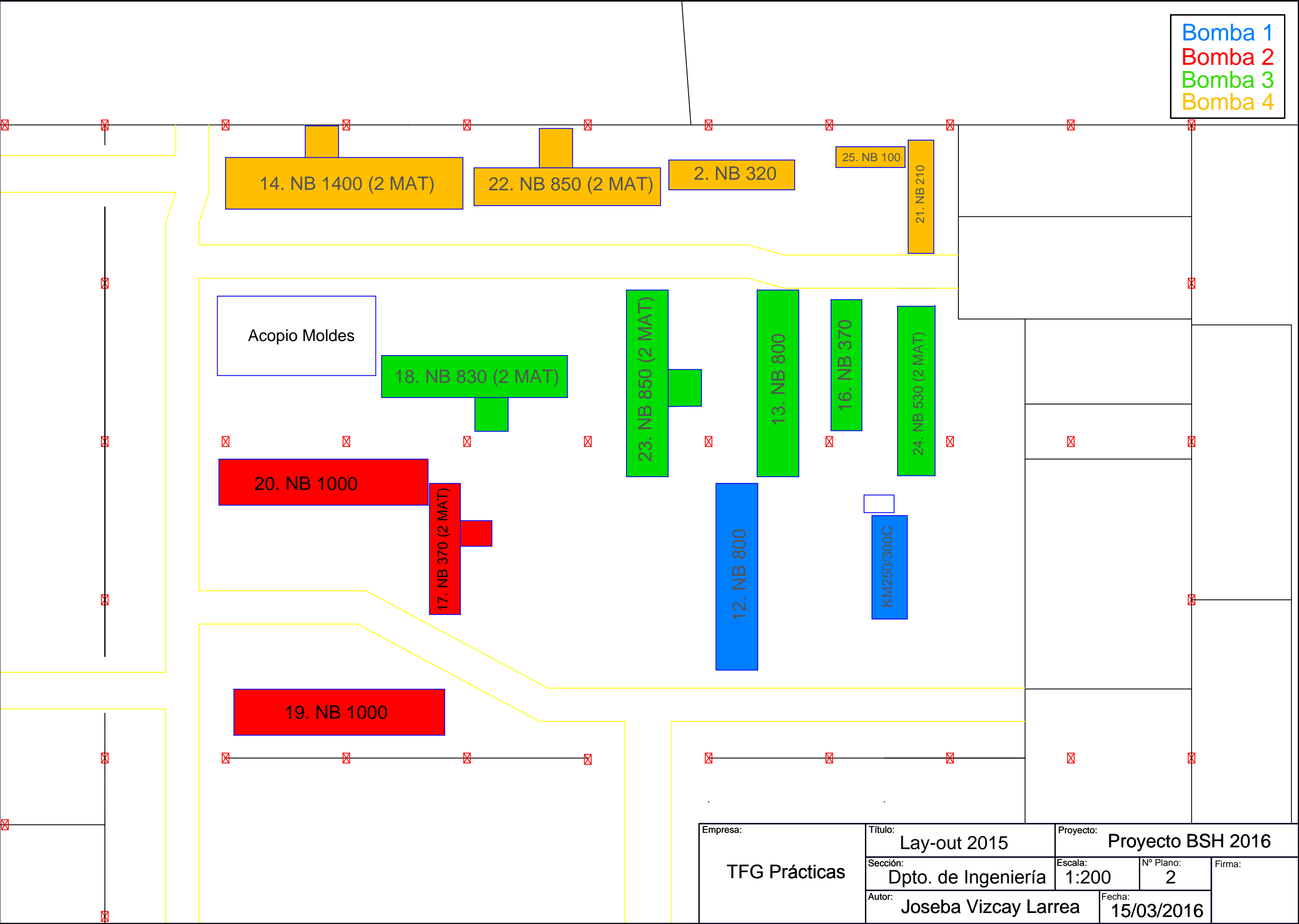


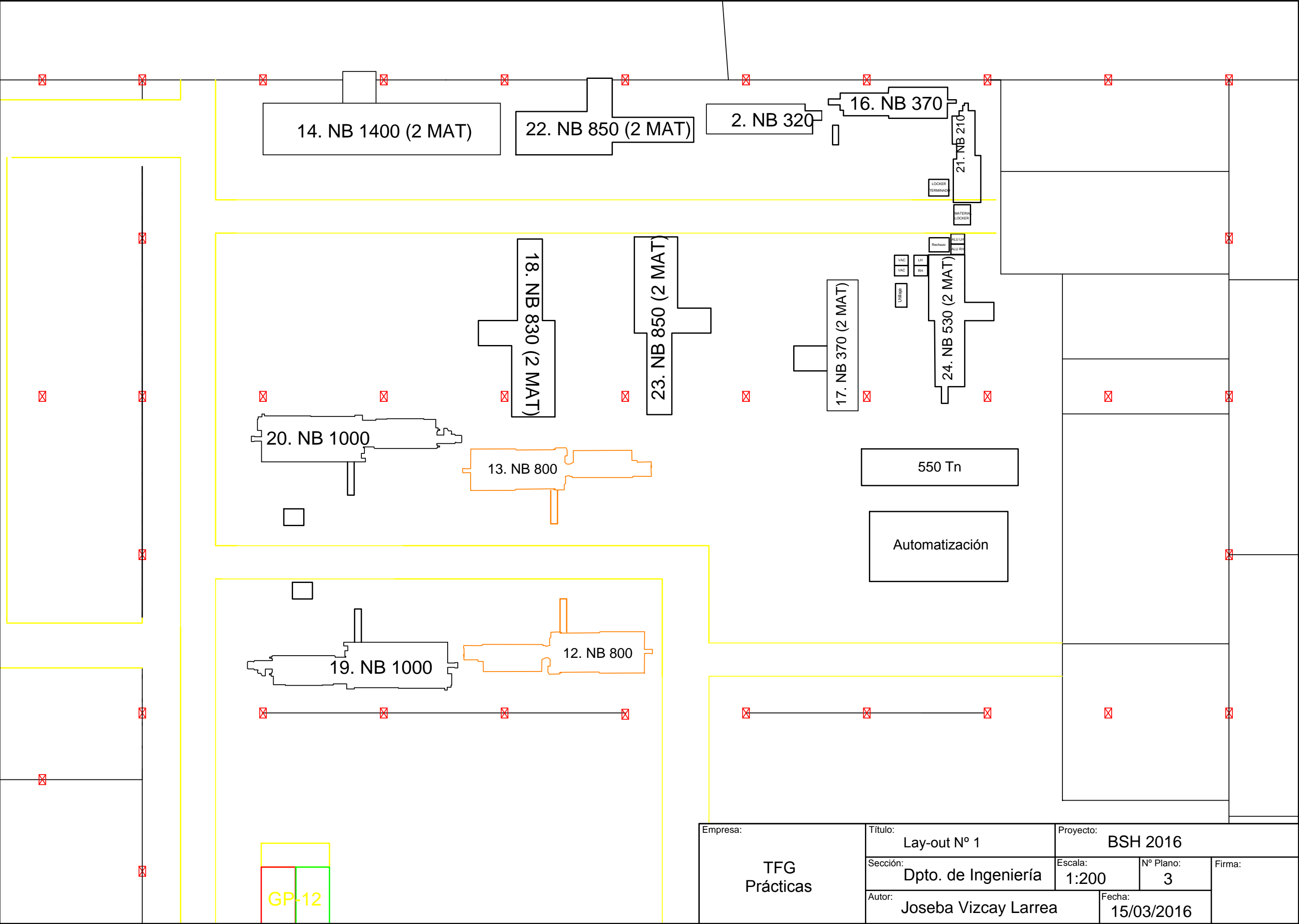
## **18. PLANOS**

Plano 1	.....	Layout Instalaciones
Plano 2	.....	Layout 2015
Plano 3	.....	Layout N° 1
Plano 4	.....	Layout N° 2
Plano 5	.....	Layout N° 3
Plano 6	.....	Layout N° 4
Plano 7	.....	Layout N° 5
Plano 8	.....	Layout N° 6
Plano 9	.....	Layout N° 7
Plano 10	.....	Layout N° 8
Plano 11	.....	Posición final máquinas
Plano 12	.....	Dimensionamiento almacén

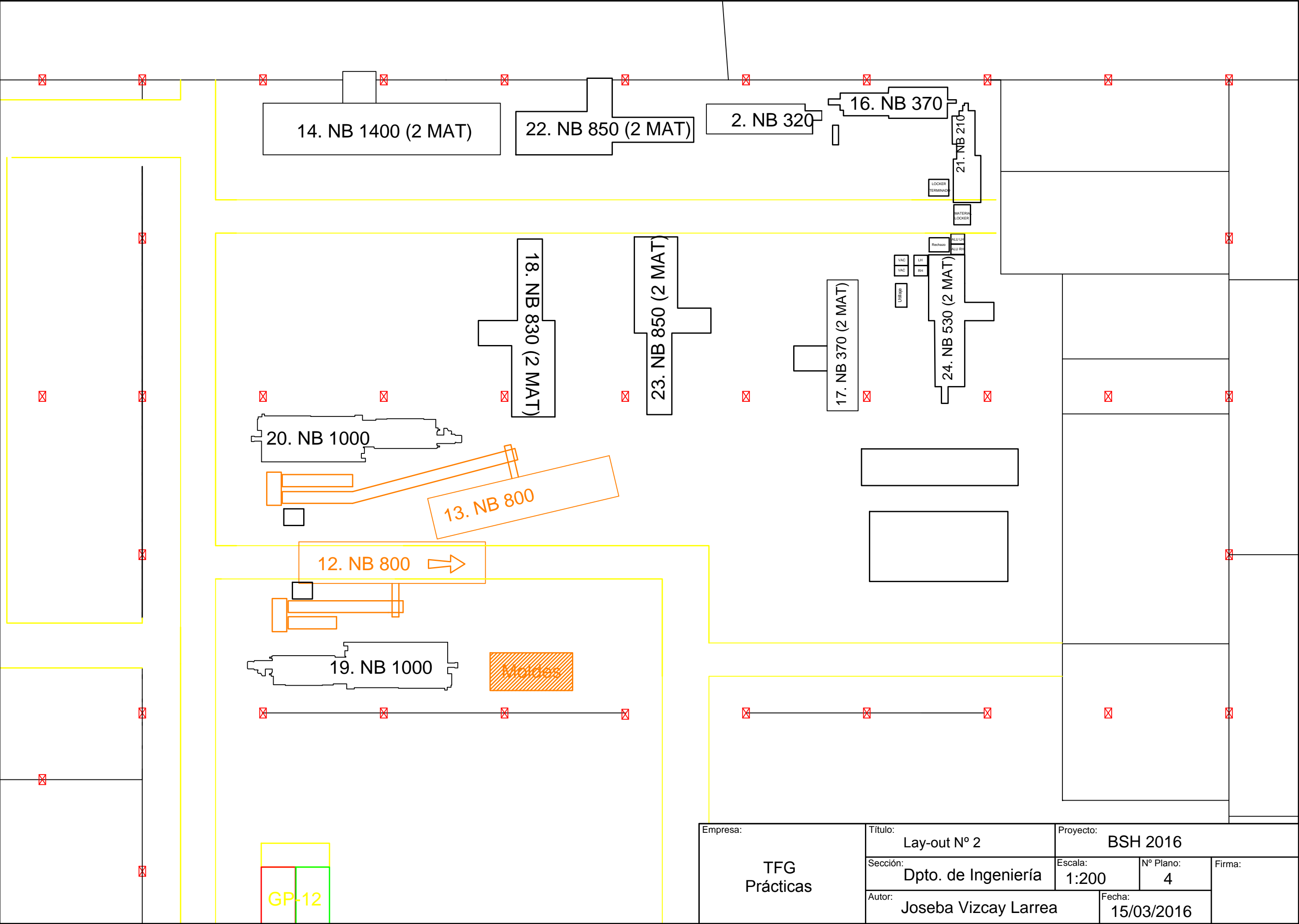


Empresa:  TFG Prácticas	Título: Instalaciones		Proyecto: Proyecto BSH 2016	
	Sección: Dpto. de Ingeniería	Escala: 1:500	Nº Plano: 1	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 15/03/2016	

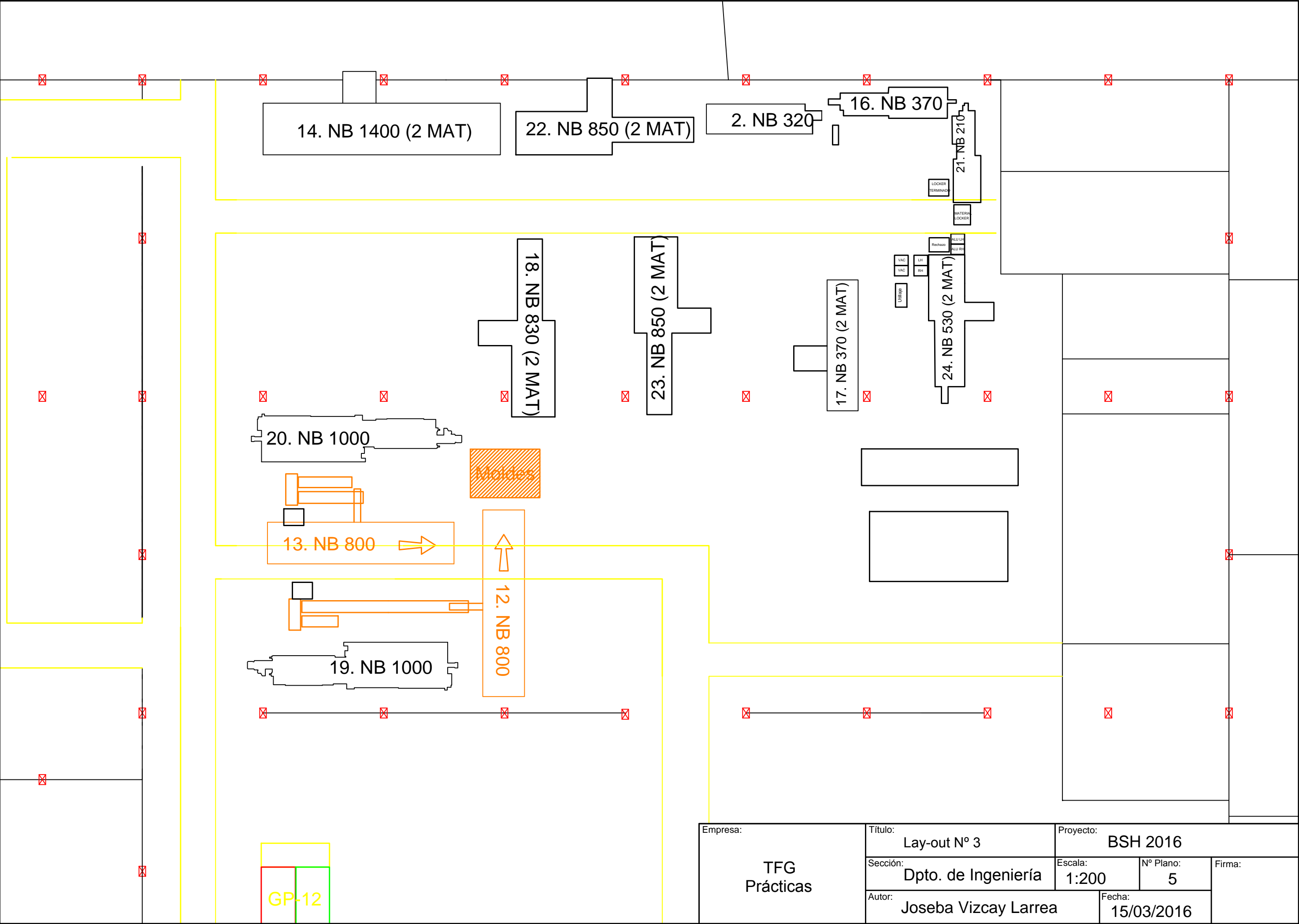




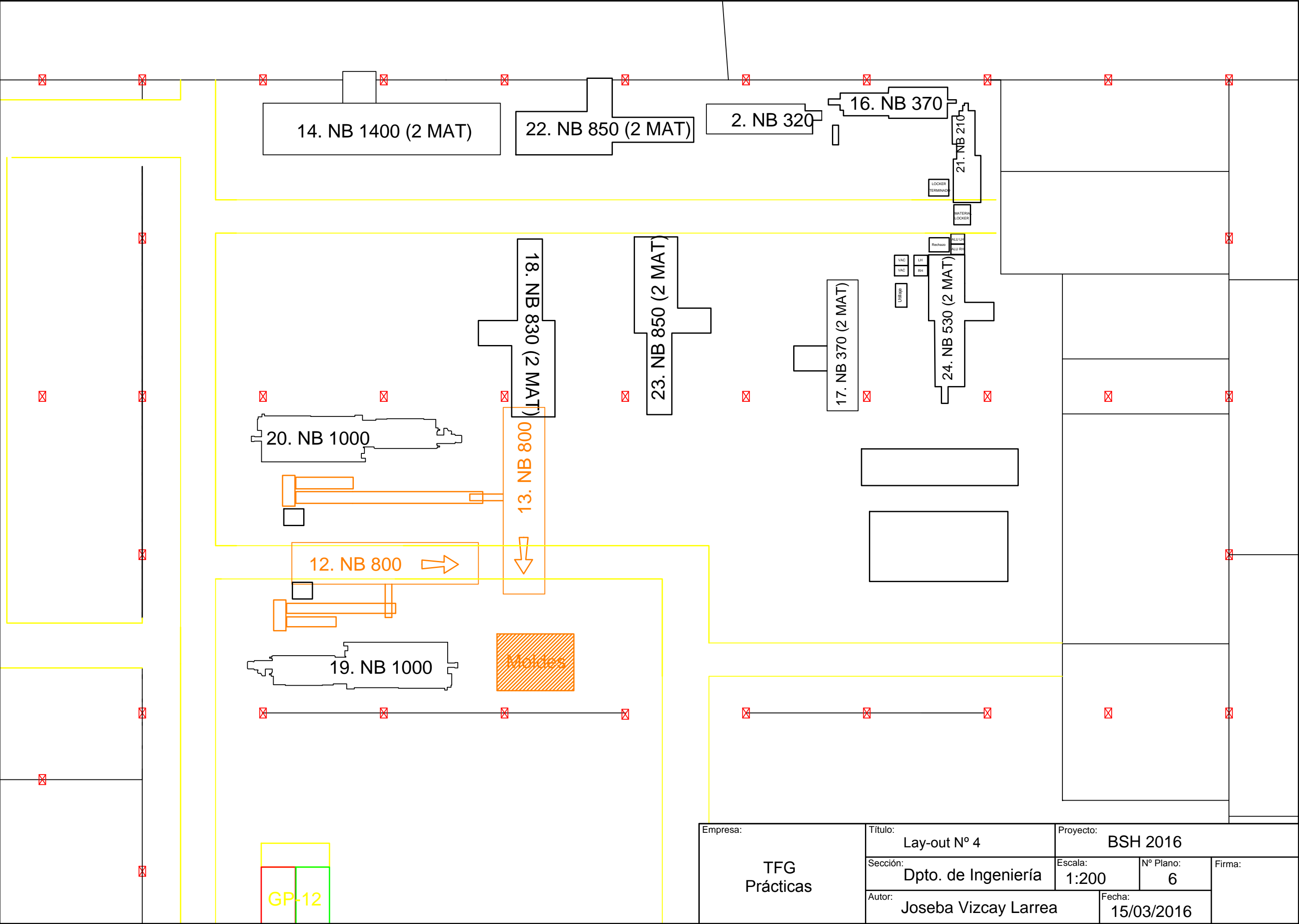
Empresa:  TFG Prácticas	Título: Lay-out Nº 1		Proyecto: BSH 2016		
	Sección: Dpto. de Ingeniería		Escala: 1:200	Nº Plano: 3	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 15/03/2016		

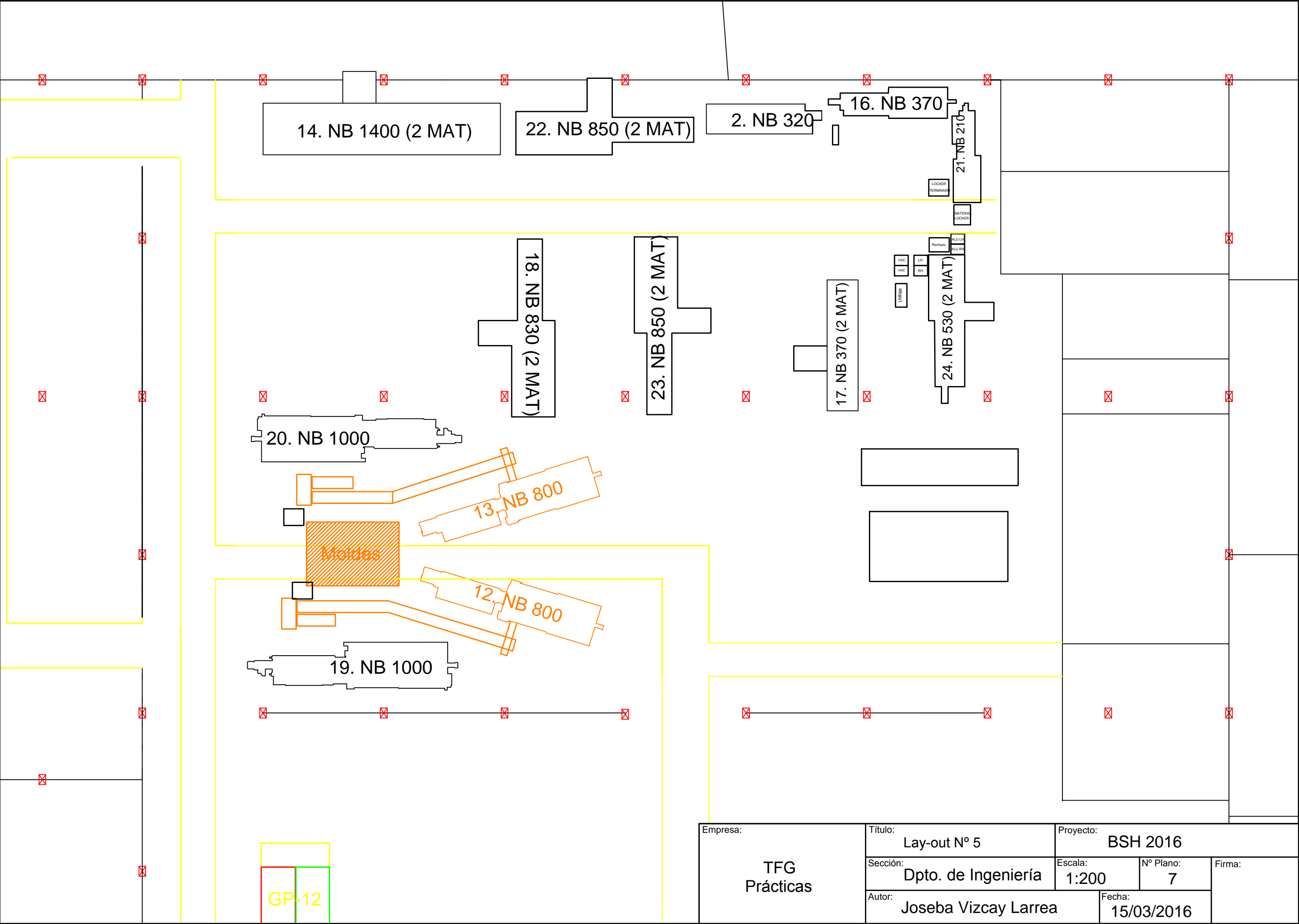


Empresa:  TFG Prácticas	Título: Lay-out Nº 2		Proyecto: BSH 2016		
	Sección: Dpto. de Ingeniería		Escala: 1:200	Nº Plano: 4	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 15/03/2016		

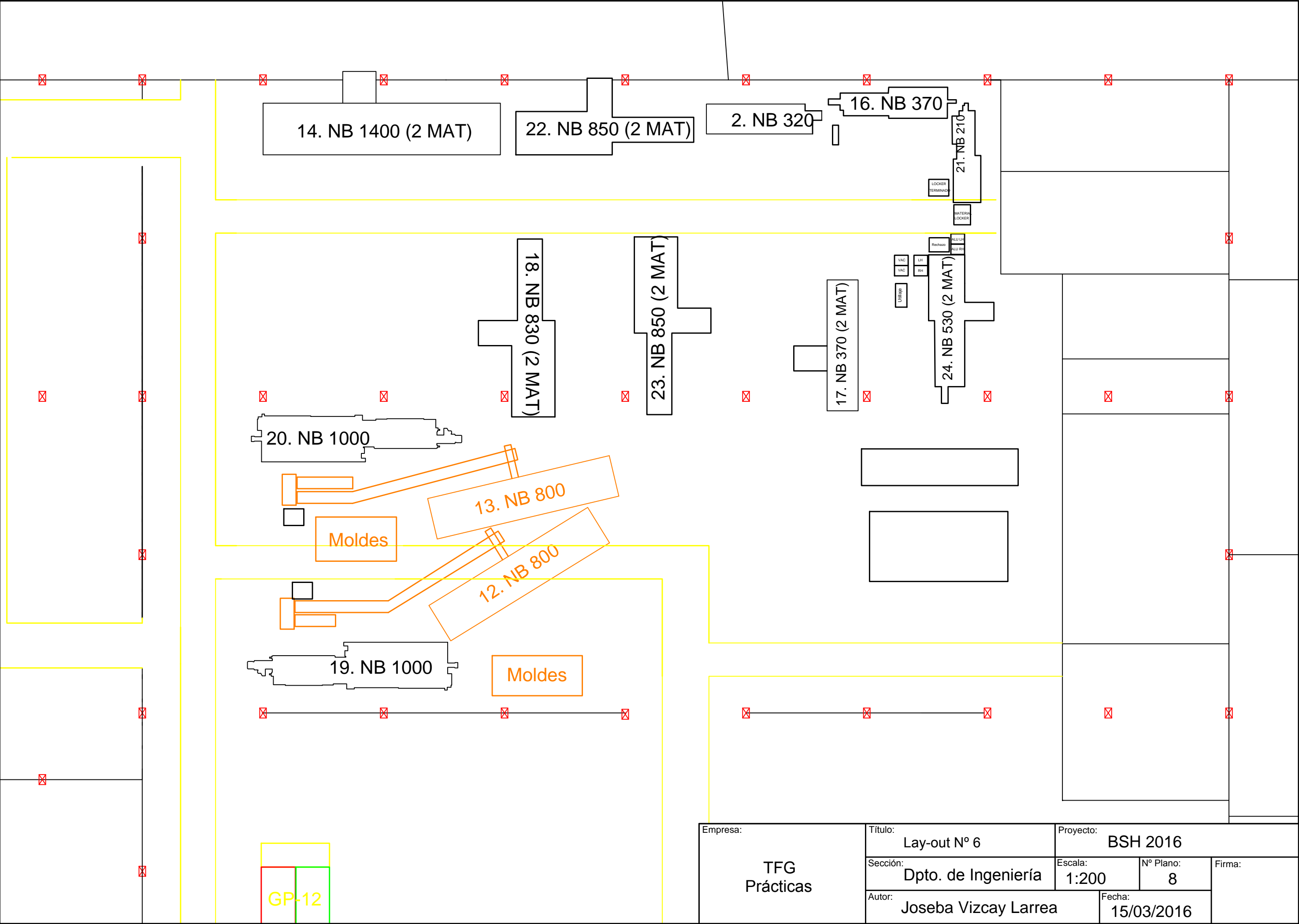




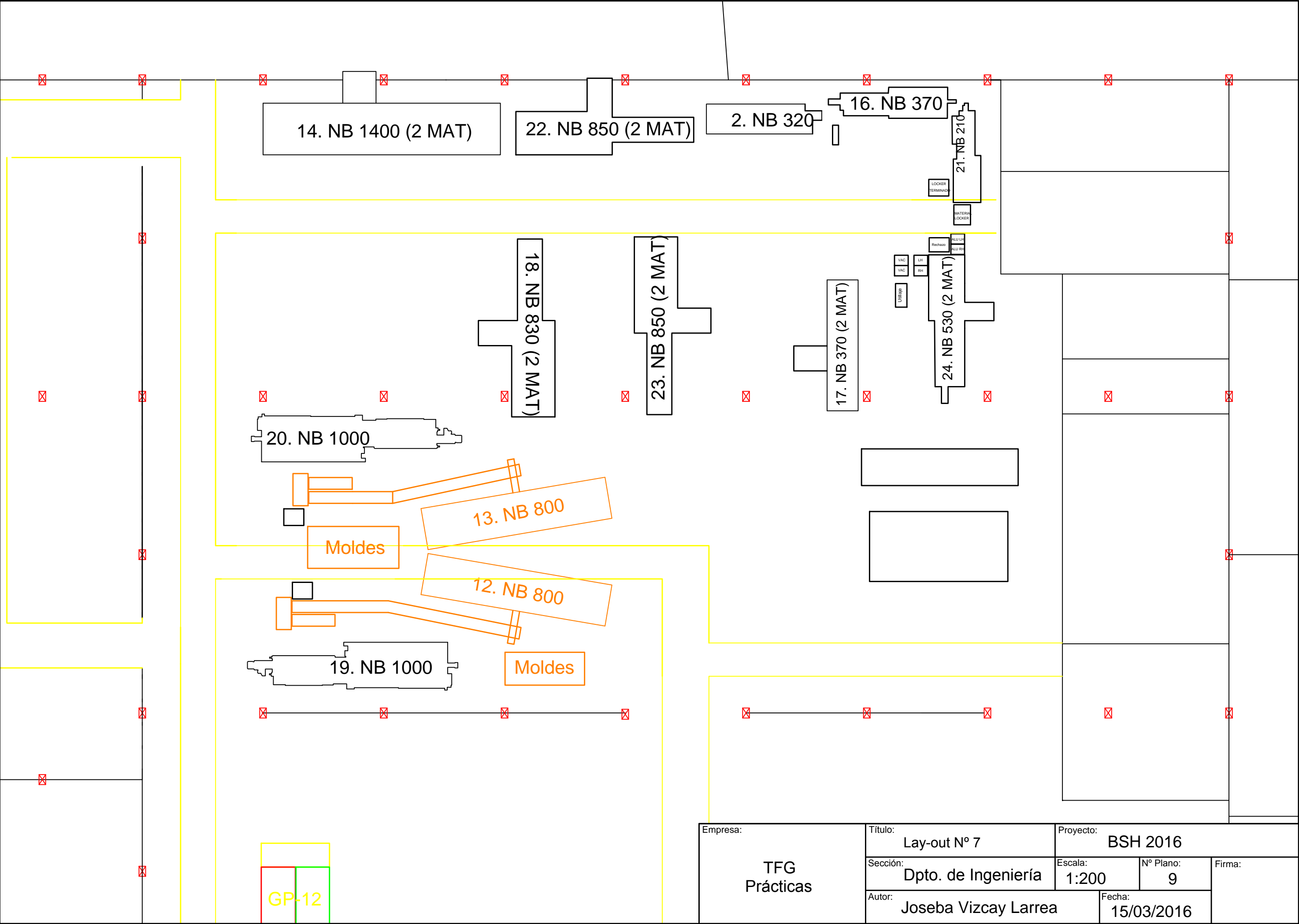


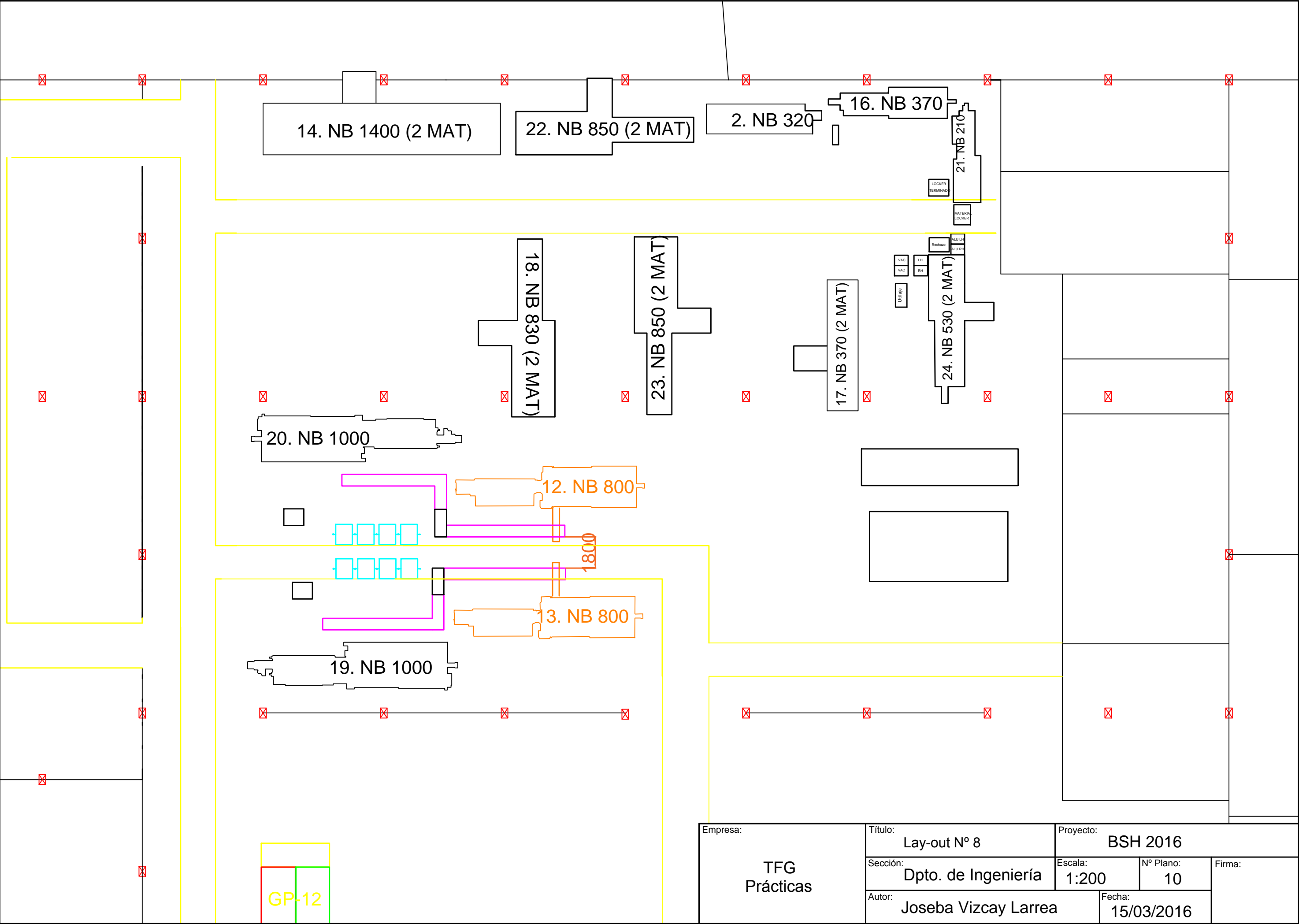


Empresa:  TFG Prácticas	Título: Lay-out Nº 5		Proyecto: BSH 2016		
	Sección: Dpto. de Ingeniería		Escala: 1:200	Nº Plano: 7	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 15/03/2016		

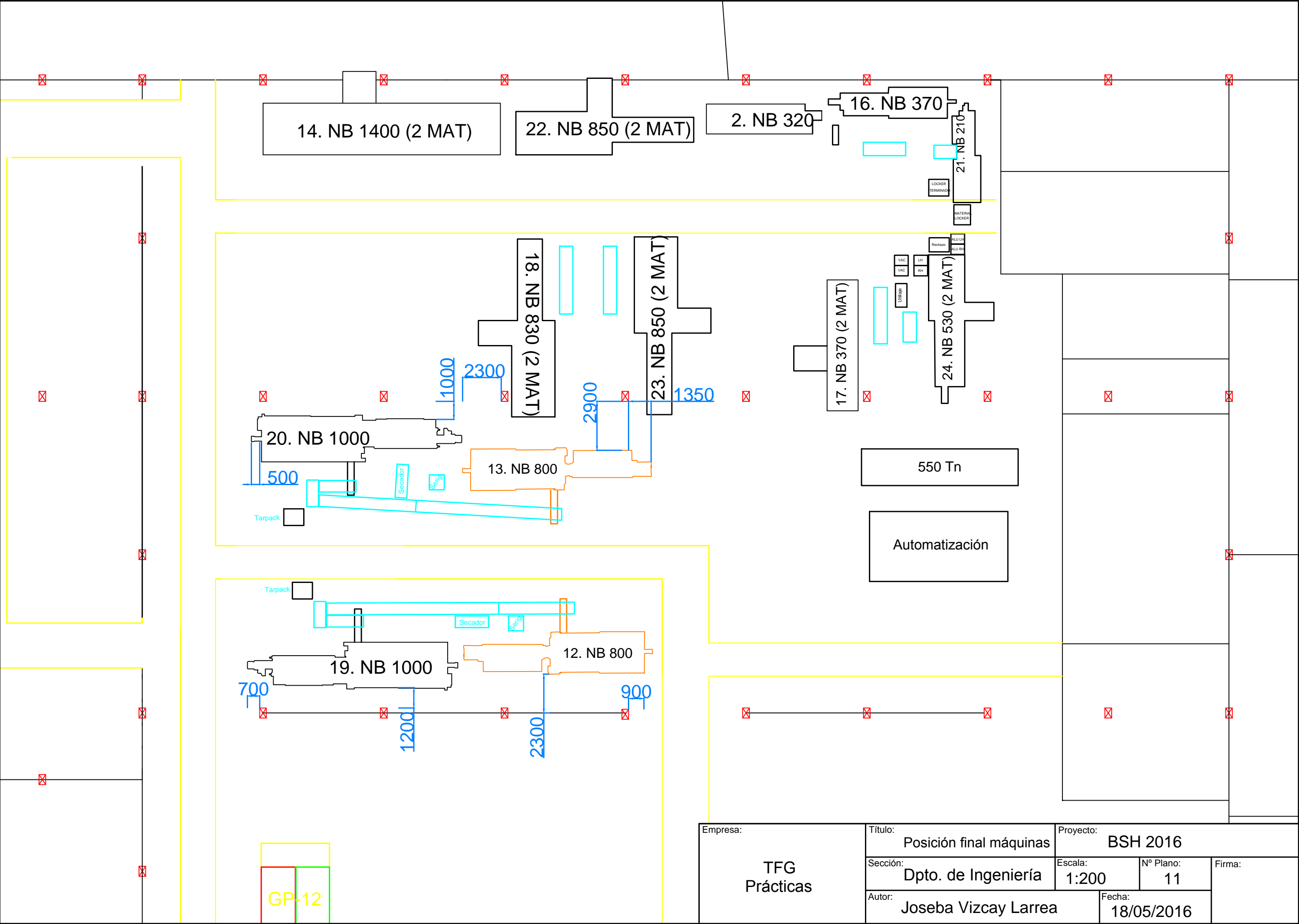


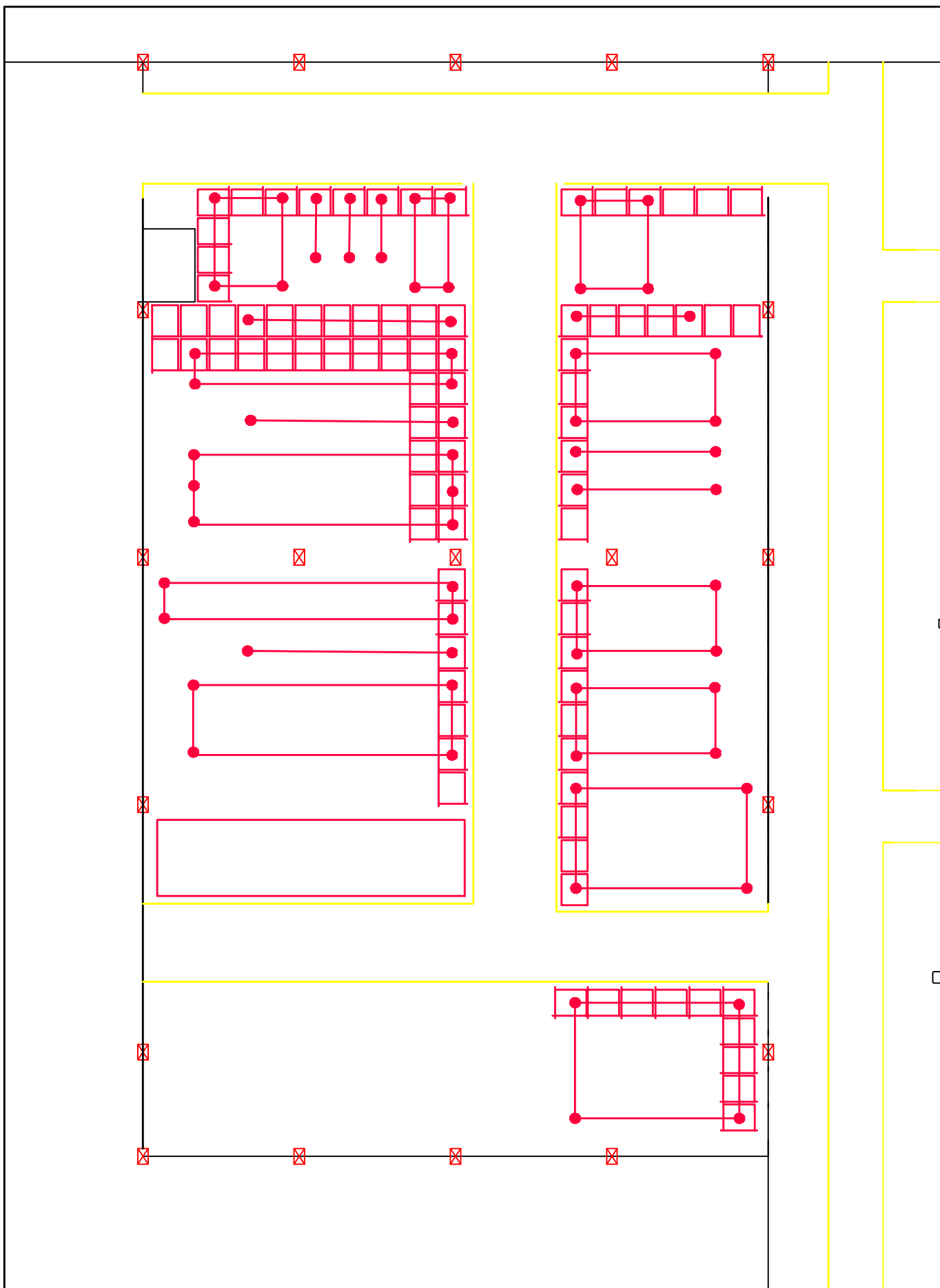
Empresa:  TFG Prácticas	Título: Lay-out Nº 6		Proyecto: BSH 2016		
	Sección: Dpto. de Ingeniería		Escala: 1:200	Nº Plano: 8	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 15/03/2016		





Empresa:  TFG Prácticas	Título: Lay-out Nº 8		Proyecto: BSH 2016		
	Sección: Dpto. de Ingeniería		Escala: 1:200	Nº Plano: 10	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 15/03/2016		





Empresa:  TFG Prácticas	Título: Dimensionamiento almacén		Proyecto: Proyecto BSH 2016	
	Sección: Dpto. Ingeniería	Escala: 1:200	Nº Plano: 12	Firma:
	Autor: Joseba Vizcay Larrea		Fecha: 18/05/2016	